



**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA – UniCEUB**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIA SOCIAIS APLICADAS - FATECS**  
**CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO**  
**PROJETO FINAL**

**RAFAEL RENNÓ EVELIN**

**CONTROLE ON/OFF ATRAVÉS DE PERIFÉRICOS QUE**  
**MONITORAM AS VARIÁVEIS TEMPERATURA E UMIDADE**  
**PARA O MELHOR CONFORTO TÉRMICO**

**Orientadora: M.C. Maria Marony Sousa Farias**

**BRASÍLIA – DF,**  
**JULHO DE 2011**

# **CONTROLE ON/OFF DE TEMPERATURA E UMIDADE PARA O MELHOR CONFORTO TÉRMICO**

Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Brasília (UniCEUB) como pré-requisito para a obtenção de Certificado de Conclusão do Curso de Engenharia de Computação.  
Orientadora: M.C.Maria Marony Sousa Farias

**BRASÍLIA – DF,  
JULHO DE 2011**

# **CONTROLE ON/OFF DE TEMPERATURA E UMIDADE PARA O MELHOR CONFORTO TÉRMICO**

Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Brasília (UniCEUB) como pré-requisito para a obtenção de Certificado de Conclusão do Curso de Engenharia de Computação.

Orientador: Maria Marony Sousa Farias Nascimento

Este Trabalho foi julgado adequado para a obtenção do Título de Engenheiro de Computação, e aprovado em sua forma final pela Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – FATECS.

---

Abiezer Amarília Fernandez  
Coordenador do Curso

## **Banca Examinadora:**

---

Profª M.C. Maria Marony Sousa Farias  
Orientadora – UniCEUB

---

Prof. José Julimá Bezerra Junior  
Insituto Militar de Engenharia - RJ

UniCEUB

---

Prof. Antonio Barbosa Junior  
UniCEUB

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho e todos os meus esforços para conclusão do curso de Engenharia de Computação às pessoas mais importantes da minha vida: meu pai Antonio Augusto, minha mãe Belinda Francesca, meus dois irmãos Joaquim e Victor e à minha irmã Isadora.



## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço a minha mãe Belinda Rennó pelo incondicional apoio. Agradeço ao meu pai Antônio Augusto por toda inspiração e por todo exemplo de vitória e perseverança de sua história de vida.

Agradeço à minha grande e especial amiga Janaira Nogueira pela companhia durante grande parte da minha jornada acadêmica e pela compreensão e coleguismo durante todo este tempo.

Agradeço aos professores do curso de Engenharia de Computação por todos os ensinamentos, conselhos e dedicação.

Finalmente agradeço ao meu amigo Gidean Rodrigues pela companhia durante as intermináveis horas de construção do protótipo e dos ensinamentos técnicos.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Topologia de Rede do Projeto .....	19
Figura 3.1 – Termômetro de Celsius .....	21
Figura 3.2 – Termômetro de bulbo .....	23
Figura 3.3 – Termômetros de Máxima e Mínima .....	24
Figura 3.4 – Termômetro de Digital 1 .....	24
Figura 3.5 – Termômetro de Digital 2 .....	25
Figura 3.6 – Sensor de temperatura de resistência .....	25
Figura 3.7 – Variação da temperatura à superfície entre 1850 e 1990 .....	27
Figura 3.8 – Linha de saturação .....	29
Figura 3.9 – Higrômetro fios de cabelo .....	31
Figura 3.10 – Psicrômetro .....	32
Figura 3.11 – Pressão de vapor, temperatura, pressão de vapor saturado, .....	33
Figura 3.12 – Diagrama Ar Condicionado .....	37
Figura 3.13 – Ar Condicionado Janela .....	38
Figura 3.14 – Funcionamento Umidificador .....	39
Figura 4.1 – Requisição de dados de uma estação de trabalho (EOD) .....	45
Figura 4.2 – Distância X Taxa de transmissão .....	48
Figura 4.3 – Par Diferencial .....	49
Figura 4.4 – Fx Builder .....	51
Figura 4.5 – Fx CommPro .....	53
Figura 4.6 – Supervisório de Rede FX20 - 1 .....	55
Figura 4.7 – Supervisório de Rede FX20 .....	55
Figura 4.8 – Controlador de campo FX06 .....	56
Figura 4.9 – Controlador de campo FX06 .....	57
Figura 4.10 – Resposta do níquel com a variação de temperatura .....	57
Figura 4.11 – Sensor de temperatura .....	58
Figura 4.12 – Sensor de temperatura - 1 .....	58
Figura 4.13 – Sensor de Umidade .....	59
Figura 4.14 – Fundo Painel Elétrico .....	59
Figura 4.15 – Borne Elétrico .....	59
Figura 4.16 – Disjuntores .....	60
Figura 4.17 – Contator Auxiliar .....	60
Figura 4.18 – Relé .....	61
Figura 4.19 – Trafo .....	61
Figura 4.20 – Eletro calha .....	62
Figura 4.21 – Montagem Quadro de Controle 1 .....	62
Figura 4.22 – Montagem Quadro de Controle 2 .....	62
Figura 5.1 – Imagem Teste 1 .....	63
Figura 5.2 – Imagem Teste 2 .....	63
Figura 5.3 – Imagem Teste 3 .....	64
Figura 5.4 – Imagem Teste 4 .....	64
Figura 5.5 – Imagem Teste 5 .....	65
Figura 5.6 – Imagem Teste 6 .....	65

Figura 5.7 – Imagem Teste 7 .....	66
Figura 5.8 – Imagem Teste 8 .....	67
Figura 5.9 – Imagem Teste 9 .....	67
Figura 5.10 – Imagem Teste 10 .....	68
Figura 5.11 – Imagem Teste 11 .....	68
Figura 5.12 – Imagem Teste 12 .....	69

**LISTA DE QUADROS E TABELAS**

Tabela 4.1 - Regras N2 Bus.....32

Tabela 4.2 – Características Elétricas do padrão RS-485.....50

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas e Técnicas

AWG – American Wire Gauge - Padrão

BLC – Bloco Lógico de Controle

CLR – Controlador Local de Rede

EOL – End of Line – Fim de Linha

FX06 – Facility Explorer 06

FX20 – Facility Explorer 20

HVACR - Heating, Ventilation, and Air Conditioning – Aquecimento, Ventilação e Ar condicionado

LCD – Liquid Crystal Display – Tela de Cristal Líquido

MCR – Módulo de Controle de Rede

NR – Norma Regulamentadora

OMS – Organização Mundial de Saúde

SI – Sistema Internacional

## RESUMO

A temperatura associada à baixa umidade do ar influencia significativamente a vida do homem, ocasionando sensação de desconforto e até problemas de saúde, que interferem em seu bem estar e podem afetar sua produtividade. Neste projeto, é apresentado o desenvolvimento de um protótipo automatizado que faz o monitoramento da temperatura e da umidade do ar no interior de ambientes, acionando um dispositivo para ligar e desligar os aparelhos de ar-condicionado e umidificador de ar dentro de uma média ideal, para tornar a temperatura ambiente agradável e apropriada para a manutenção de uma boa saúde. O projeto trata da criação de um protótipo de dispositivos fisicamente interligados através do meio físico RS-485. Os dados são trocados através do protocolo N2 do tipo mestre/escravo que permite que somente um dispositivo (mestre) inicie as transações, enquanto os outros dispositivos (escravos) respondem de acordo com o pedido do mestre. O primeiro módulo (FX06) é responsável pela coleta de dados e acionamento dos dispositivos em campo; o segundo (FX20) solicita a coleta dos dados feitos pela FX06 para monitoração Web e permite ajustes nos setpoints que comparam os valores setados e enviados pelos sensores e em seguida envia os comandos ON/OFF aos Relés; Os Relés são responsáveis pelo acionamento e desligamento dos aparelhos de ar-condicionado e umidificador de ar e estado dos mesmos. Os produtos utilizados atenderam as exigências de controle, distribuição, armazenamento de informações e a necessidade de facilidade para interoperabilidade entre os dispositivos, visando à eficiência, flexibilidade e confiabilidade dos sistemas. Além de também, demonstrando a utilidade e performance dos dispositivos da linha Facility Explorer.

## **ABSTRACT**

The temperature associated with low air humidity significantly influences human life, causing a feeling of discomfort and health problems that interfere with their well-being and productivity. In this project, we present the development of a prototype that makes automated monitoring of temperature and humidity environments inside, triggering a device on and off the air conditioning and humidifier within an ideal medium for making the temperature pleasant environment suitable for maintaining good health. The project involved the creation of a prototype device physically connected through the physical RS-485. Data are exchanged via the protocol N2 master / slave which allows only one device (master) initiates the transactions, while other devices (slaves) respond according to the request of the master. The first module (FX06) is responsible for data collection and triggering devices in the field, the second (FX20) data collection requests made by the FX06 to monitor Web and allows adjustments to the setpoints that compare the values set and sent by the sensors and then sends the commands ON / OFF the relays, the relays are responsible for the drive and shutdown of air conditioning and humidifier and the same state. The products used met the requirements for control, distribution, information storage and the need to ease interoperability between devices, aiming at efficiency, flexibility and dependability. In addition to demonstrate the usefulness of the devices and performance of the Facility Explorer.

# SUMÁRIO

<b>DEDICATÓRIA .....</b>	<b>3</b>
<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>4</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE QUADROS E TABELAS .....</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS.....</b>	<b>8</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>9</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 Motivação	13
1.2 Objetivos	14
1.3 Objetivos Específicos	14
1.4 Estrutura da Monografia	14
<b>Esta monografia está apresentada da seguinte forma: .....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO 2 – APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA .....</b>	<b>16</b>
2.1 – Descrição dos componentes do problema	16
<b>CAPÍTULO 3 – BASES METODÓLOGICAS PARA RESOLUÇÃO DO PROBLEMA .....</b>	<b>20</b>
3.1 – Temperatura	20
3.2 – Componentes da Temperatura	21
3.2.1 – Unidades de temperatura.....	21
3.2.2 – Medição da temperatura.....	22
3.3 – Temperatura e Ambiente	26
3.4 – Umidade	28
3.5 – Componentes da Umidade	30
3.5.1 – Características da Umidade .....	30
3.5.2 – Aparelhos para medição de umidade.....	30
3.6 – Umidade e Ambiente	32
3.6.1 – Umidade Relativa Ideal .....	32
3.6.2 – Umidade Relativa e Conforto .....	34
3.7 – Ar condicionado	36
3.8 – Umidificador de ar	38
3.9 – Utilização do controle de Temperatura e Umidade	39
<b>CAPÍTULO 4 – DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....</b>	<b>42</b>
4.1 - Proposta para Solução do Problema	42
4.2 – N2 Bus Communications	43
4.2.1 – Características da N2 Bus Communications .....	43
4.2.2 – Teoria da operação N2 Bus Communications .....	44



4.2.2 – Regras para utilização N2 Bus Communications .....	46
4.2.3 <i>Padrão de Comunicação RS-485</i> .....	47
4.3 – Equipamentos Utilizados	50
4.3.1 – <i>Softwares</i> .....	50
4.3.2 – <i>Hardwares</i> .....	54
<b>CAPÍTULO 5 – TESTE E ANÁLISES DOS RESULTADOS .....</b>	<b>63</b>
5.1 – Teste 1	63
5.2 – Teste 2	66
<b>CAPÍTULO 6 – CONCLUSÃO .....</b>	<b>70</b>
6.1 – Sugestões para Trabalhos Futuros	71
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>72</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>74</b>

## **CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO**

De acordo com COSTA (1991), em 1902, o engenheiro norte-americano Willis Carrier, inventou um processo mecânico para condicionar o ar, tornando realidade o controle do clima. Na verdade, essa invenção, como muitas outras grandes invenções, surgiu com o intuito específico de solucionar o problema em uma indústria gráfica de Nova York, que estava tendo problemas com trabalhos de impressão durante os meses mais quentes do ano, quando o papel absorvia a umidade do ar, se dilatava e, com isso, as cores impressas não se alinhavam e as imagens produzidas ficavam borradas e obscuras. No ano de 2002, se comemorou o primeiro centenário da invenção do ar-condicionado, considerado um dos dez mais importantes inventos da engenharia do século XX.

Já o umidificador patenteado por Otto Hoffman desde 1893, tem como maior objetivo tornar o clima mais agradável ao ser humano e mais benéfico para os equipamentos, mesmo que dentro de um edifício esteja com uma temperatura ideal e agradável. Essas invenções revolucionaram o conceito de conforto térmico ao longo desses cem primeiros anos, e junto a isso, incorporaram inúmeras inovações tecnológicas, tais como os controles digitais, tornando-se cada vez mais parte integrante de nossos lares.

O Controle de temperatura e umidade são importantes para a qualidade do meio ambiente interno. Controles do tipo on-off têm prevalecido por muitos anos, entretanto, flutuações na temperatura e umidade são inerentes com esse tipo de sistema de controle. A tecnologia do sistema de controle on-off têm se desenvolvido e sistemas de controles modulantes mais modernos e superiores já estão disponíveis.

### **1.1 Motivação**

A motivação inicial era projetar uma solução de condicionamento de ar e umidade a um sistema onde seria possível fornecer as melhores sensações térmicas possíveis indicadas pela Defesa Civil, de forma que ora fosse utilizado para umidificação e ora para o resfriamento de ar utilizando um equipamento de refrigeração e outro de umidificação. A idéia

surgiu no ambiente doméstico, a partir do desejo de ter um equipamento de ar-condicionado capaz de ser monitorado e controlado através de uma interface mais simples.

## **1.2 Objetivos**

O objetivo é o desenvolvimento de um sistema automatizado visando manter a temperatura e a umidade relativa do ar em ambientes internos dentro dos níveis recomendados pela defesa civil, tornando esses ambientes mais agradáveis e que proporcionem um maior conforto térmico.

## **1.3 Objetivos Específicos**

Aperfeiçoar os recursos oferecidos pelo ar-condicionado e umidificadores de ar utilizados em residências e ambientes de trabalho.

Demonstrar a viabilidade da utilização de um sistema de micro-controlador para manter estável a temperatura e a umidade relativa do ar em ambientes internos.

## **1.4 Estrutura da Monografia**

Esta monografia está apresentada da seguinte forma:

Capítulo 1: **Introdução**. Aborda de forma generalizada os pontos que serão tratados nesta monografia e os objetivos que devem ser atingidos.

Capítulo 2: **Apresentação do problema**. Ilustra alguns dos diversos cenários que poderão ser solucionados com a solução proposta nesta monografia e os principais dispositivos que levarão a solução.

Capítulo 3: **Bases metodológicas para resolução do problema.** Aborda os aspectos teóricos da umidade relativa do ar, temperatura e instrumentos utilizados para medição dessas variáveis. Além de retratar as vantagens e desvantagens do controle de temperatura e umidade.

Capítulo 4: **Desenvolvimento do projeto.** Apresenta as especificações técnicas dos componentes utilizados para construção do protótipo bem como os pontos relativos à comunicação dos componentes: o protocolo N2 Communications e suas características técnicas; o padrão de comunicação RS 485. E os componentes de hardware como sensores de temperatura, sensor de umidade, controlador de campo FX06 e o supervisor de rede FX20.

Capítulo 5: **Testes Realizados.** Demonstração de resultados a partir da implantação em um ambiente condicionado artificialmente. Foram feitos 2 testes que basearam na influência de equipamentos externos.

Capítulo 6: **Conclusão.** Verificação dos resultados obtidos a partir dos testes feitos e possíveis aplicações do sistema. Além de salientar possíveis melhorias para o projeto.

## **CAPÍTULO 2 – APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA**

### **2.1 – Descrição dos componentes do problema**

Atualmente, são noticiados nos meios de comunicação a gradual elevação da temperatura terrestre e a maneira com que isso afetará nosso habitat. Estudos mostram que o aumento da temperatura também pode afetar a saúde física e psicológica de um determinado indivíduo.

No Brasil existe a Norma Regulamentadora nº 17 – Ergonomia, do Ministério do Trabalho, que especifica que nos locais de trabalho onde são executadas atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constante, são recomendadas temperaturas efetivas entre 20°C (vinte) e 23°C (vinte e três graus centígrados); e umidade relativa do ar não inferior a 40 (quarenta) por cento (Manual de Ergonomia, NR 17, 2007). Há ainda a NR nº 15, que trata de condições insalubres dos locais de trabalho, apresentando limites de tolerância para exposição ao calor (Ministério do Trabalho e emprego). Ou seja, de acordo com as normas regulamentadoras, os trabalhadores devem conviver em ambientes que lhes proporcionem conforto e condições para um bom desempenho no trabalho.

Contudo, vários tipos de ambientes, dos mais diversos segmentos, oferecem condições térmicas desfavoráveis a saúde das pessoas que ali estão. Milhares de pessoas convivem em locais que estão sob condições de desconforto térmico. Embora o corpo se adapte ao meio, seja ele quente ou frio, os limites de temperatura interferem consideravelmente no bem-estar das pessoas. De acordo com SLACK (1999), “o ambiente imediato no qual o trabalho acontece pode influenciar a forma como ele é executado. As condições de trabalho que são muito quentes ou muito frias (...) vão influenciar na forma como o trabalho é levado avante”.

A umidade relativa do ar está também diretamente ligada à influência em nossa sensação de conforto e bem-estar. De acordo com o dicionário LAROUSSE (2001) a palavra umidade é definida como “estado ou qualidade do que é úmido; orvalho; teor de vapor d’água

existente na atmosfera”. Ou seja, a quantidade de água ou vapor d’água existente no ar é expressa como umidade absoluta ou umidade relativa.

O ser humano é extremamente sensível a umidade, e sua saúde podem ser comprometidas seriamente quando essa umidade está muito baixa ou muito alta. Quando a umidade encontra-se inferior a 30%, segundo especialistas alguns problemas respiratórios, alergias, sinusites, asma e outras doenças tendem a se agravar, além de haver riscos de incêndios em áreas vegetadas. Quando a umidade está muito alta podem surgir fungos, bolores, mofo e ácaros, além de agravar as crises reumáticas e danificar aparelhos eletrônicos.

No Distrito Federal, principalmente durante os meses de agosto e setembro, a temperatura associada à baixa umidade do ar influencia significativamente a qualidade de vida de seus habitantes, ocasionando uma sensação de desconforto e problemas respiratórios que aumentam o número de atendimentos nos hospitais locais, além de diminuir sua produtividade em trabalhos intelectuais ou físicos.

Em 1982, a Organização Mundial de Saúde (OMS) reconheceu que existia uma nova epidemia nos edifícios e residências que utilizavam o equipamento de ar condicionado a Síndrome do Edifício (Residência) Doente quando foi comprovado que a contaminação do ar interno de um hotel foi responsável por diversos casos de pneumonia e pela morte de algumas pessoas. Poluentes químicos como dióxido de carbono, amônia e dióxido de enxofre produzido no interior desses estabelecimentos a partir de materiais de construção, materiais de limpeza, fumaça de cigarro, computadores, fungos, bactérias e até mesmo pelo próprio metabolismo humano foram os agentes dessa síndrome.

Desta forma, o ar-condicionado instalado em uma residência ou edifício é responsável pela alteração das variáveis térmicas do ambiente citado, de modo a garantir as melhores condições para o conforto térmico, respiratório ou em alguns casos provocar algum tipo de desconforto. Em edifícios convencionais e residências, o sistema de ar condicionado opera independentemente de periféricos que o auxiliariam no melhor desempenho do equipamento, como os sensores de temperatura, sensores de umidade e etc.

Com a tecnologia em desenvolvimento pode-se considerar as novas tecnologias inteligentes utilizando micro-controladores, em que é possível obter um sistema de gerenciamento do equipamento de ar condicionado. Utilizando-se da integração de diversos periféricos disponíveis no ambiente e que como agentes de controle do processo poderão disponibilizar informações que estejam diretamente relacionadas à melhor condição de funcionamento do ar-condicionado, tais como a constâncias nos valores de umidade do ar do ambiente e constância nos valores de temperatura.

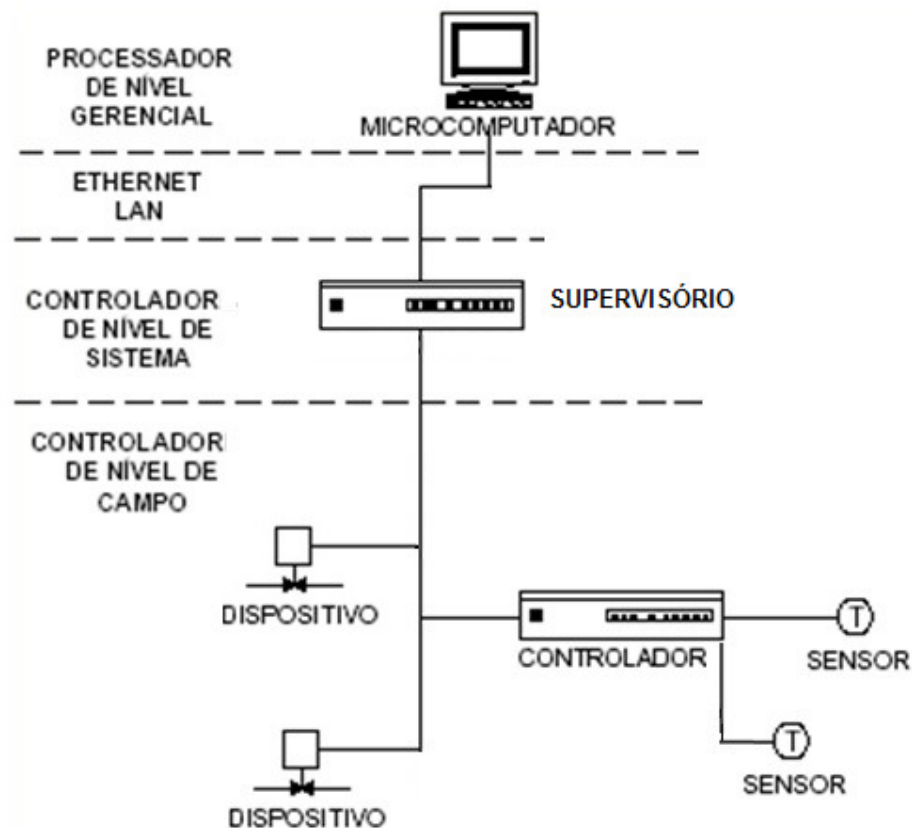
Sendo assim, este projeto de graduação tem como foco principal a implementação de um recurso tecnológico que melhore a qualidade ambiental dos espaços internos de trabalho ou convivência. O projeto propõe a construção de um sistema de monitoramento da temperatura e da umidade de ar em ambientes internos. A partir da coleta de dados (variação da temperatura e da umidade no decorrer do tempo).

O sistema será implementado com dois periféricos essenciais, o primeiro trata-se do sensor de temperatura TE-6300P fabricado pela Johnson Controls que é destinado a fornecer uma entrada para equipamentos de controle em condições normais, o mesmo servirá como o primeiro dos principais elementos de controle para o bom funcionamento de um ar condicionado. Já o segundo periférico, o sensor de umidade HS-1101 também produzido pela Johnson Controls é baseado em uma única célula capacitiva, que está direcionada a aplicações médio sensíveis, tais como automação em residências e alguns sistemas de controle de processos industriais. Além de exercer um importante papel no controle de umidade do ar condicionado, são também úteis em todas as aplicações que exigem a leitura de umidade.

Além disso, será utilizado o micro-controlador FX06 da linha Facility Explorer que é um controlador compacto de campo. Projetado especificamente para aplicações com aquecimento comercial, ventilação, ar condicionado e refrigeração (HVACR). Este possui um microprocessador com 16 bits, além de 17 entradas e saídas físicas que suportam uma variedade de sensores de temperatura e de acionamento de dispositivos. Sensores para a medição de umidade e outras variáveis também são suportados pelo controlador. Além de possuir módulos de comunicação para ser integrado a diversos dispositivos como protocolo de rede N2 LONWORKS®.

O controlador supervisor FX20 também exercerá um importante papel no gerenciamento da rede N2 LONWORKS® que será estabelecida com o outro dispositivo FX06 mencionado. O supervisor é capaz de coletar, armazenar e fornecer acesso a grandes quantidades de informação provenientes da integração com um ou mais equipamentos da linha FX. Isso nos possibilita a automação de uma rede com alguns protocolos e todo o gerenciamento do sistema via software.

A topologia de rede que será usada neste projeto é ilustrada de acordo com a figura 2.1.



**Figura 2.1 – Topologia de Rede do Projeto**

Fonte: O Autor



## **CAPÍTULO 3 – BASES METODÓLOGICAS PARA RESOLUÇÃO DO PROBLEMA**

### **3.1 – Temperatura**

O clima de muitos lugares influencia significativamente a utilização de equipamentos para refrigeração e aquecimento, isso acontece principalmente, em estações mais extremas como o verão e o inverno, pois esses equipamentos são utilizados para garantir a temperatura ambiente ideal capaz de gerar conforto, produtividade, saúde e bem-estar das pessoas.

De acordo com o MIRANDA (2010), “A Temperatura é um parâmetro físico (uma função de estado) descritivo de um sistema que vulgarmente se associa às noções de frio e calor, bem como às transferências de energia térmica, mas que se poderia definir, mais exatamente, sob um ponto de vista microscópico, como a medida da energia cinética associada ao movimento (vibração) aleatório das partículas que compõem um dado sistema físico.”

Em 1900 Henri Bénard notou que a diferença de temperatura permite a transferência da energia térmica, ou calor, entre dois ou mais sistemas. Bénard esclareceu que “quando dois sistemas estão na mesma temperatura, eles estão em equilíbrio térmico e não há transferência de calor. Mas, quando existe uma diferença de temperatura, o calor é transferido do sistema de temperatura maior para o sistema de temperatura menor até atingir um novo equilíbrio térmico e essa transferência de calor pode acontecer por condução, convecção ou irradiação térmica.” É por esse motivo que é importante ressaltar que a temperatura possui um papel importante em muitos campos da ciência como a física, a química e a biologia.

Ainda segundo MIRANDA (2010), “A temperatura é diretamente proporcional à quantidade de energia térmica num sistema. Ou seja, quanto mais energia térmica se junta a um sistema, mais a sua temperatura aumenta ou ao contrário, uma perda de calor provoca uma diminuição da temperatura do sistema.” Isto significa dizer que a temperatura é considerada uma propriedade intensiva de um determinado sistema que segundo o site General Chemistry Online não depende do tamanho ou da quantidade de matéria no sistema.

## 3.2 – Componentes da Temperatura

### 3.2.1 – Unidades de temperatura

O Sistema Internacional de Unidades (SI) adota como unidade básica de temperatura o kelvin (K). Segundo a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), “Um kelvin é rigorosamente definido como sendo 1 dividido por 273,15 da temperatura do ponto triplo da água” este é o ponto onde a água, o gelo e vapor de água coexistem em equilíbrio.

Contudo, segundo o Sistema Internacional de Unidades, é possível levar em consideração algumas unidades derivadas, como a escala Celsius, utilizada no dia-a-dia, na qual 0°C corresponde à temperatura em que a água congela e 100°C corresponde ao ponto de ebulição da água ao nível do mar, isso tendo em base a unidade Kelvin. “A escala Celsius é essencialmente a mesma que a escala Kelvin; porém, com um deslocamento da temperatura de congelamento da água (273,15 K)” MIRANDA, (2010). Assim, a seguinte equação pode ser utilizada para converter Celsius em Kelvin utilizando como base o termômetro da Figura 3.1:

$$K = C + 273.15 \quad (1)$$



**Figura 3.1 – Termômetro de Celsius**

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/>

Consequentemente, é possível determinar que as unidades (escalas) de medição da temperatura dividem-se fundamentalmente em dois tipos:

Relativas: Os valores que podem adotar a temperatura em qualquer escala de medição não têm um nível máximo, senão um nível mínimo: o zero absoluto. Isto significa que os seus valores numéricos de referência são totalmente arbitrários. SENAC – MG (2009).

Absolutas: Os valores da temperatura atribuem escala em dois pontos diferentes e assim é interpretado como escalas a dois pontos. Mas o estudo da termodinâmica exige uma escala de medição que não dependa das propriedades das substâncias. MIRANDA, (2010).

### 3.2.2 – Medição da temperatura

Segundo a primeira lei da termodinâmica

“Se dois sistemas A e B estão em equilíbrio térmico, e se um terceiro sistema C está em equilíbrio térmico com B, então A e C estão em equilíbrio térmico”

É possível através dessa afirmação determinar que a maioria dos métodos de medição da temperatura baseia-se na medição de uma propriedade física de um material, propriedade esta que varia com a temperatura. Atualmente é possível realizar medições da temperatura com diversos tipos de termômetros, tais como:

**Termômetro de bulbo** – O termômetro de bulbo é o termômetro de vidro comum, a Figura 3.2 demonstra o aparelho. Geralmente contém algum tipo de líquido, o mais comum é o mercúrio. Esses trabalham em cima de um princípio simples: um líquido muda seu volume conforme sua temperatura é alterada. Os líquidos ocupam menos espaço quando estão frios e ocupam mais espaços quando estão quentes. Consiste basicamente de um tubo capilar (fino como um fio de cabelo) de vidro, fechado a vácuo e um bulbo (espécie de bolha arredondada em uma extremidade contendo mercúrio).



**Figura 3.2 – Termômetro de bulbo**

Fonte: <http://www.publicdomainpictures.net/pictures/4000/nahled/1-12487770136rrO.jpg>

**Termômetro de Máxima e Mínima** – O termômetro da Figura 3.3 dá as temperaturas máximas e mínimas ocorridas durante certo período, por exemplo, durante um dia. O bulbo deste termômetro é alongado e o seu tubo é recurvado em forma de U. Na curvatura inferior existe uma pequena porção de mercúrio que é impelida pelo álcool para o tubo das temperaturas máximas, quando faz calor, ou para o das temperaturas mínimas, quando a temperatura decresce. O mercúrio, por sua vez, impele dois índices, colocados cada um num ramo do tubo. Estes índices se deslocam, no interior do tubo, com leve atrito; e fixam-se na posição em que o mercúrio os deixa, marcando deste modo as temperaturas máximas e mínimas. Apesar deste uso especial dentro do campo da meteorologia, o termômetro de máximo-mínima foi bastante usado no controle de processos químicos em escala piloto e industrial onde a temperatura é um parâmetro crítico.



**Figura 3.3 – Termômetros de Máxima e Mínima**

Fonte: [http://www.prof2000.pt/users/elisabethm/geo7/clima/elementosp\\_ficheiros/instru2.jpg](http://www.prof2000.pt/users/elisabethm/geo7/clima/elementosp_ficheiros/instru2.jpg)

**Termômetro Digital** – A Figura 3.4, figura 3.5 e figura 3.6 ilustram os termômetros digitais que são sérios candidatos a substituir os termômetros de mercúrio. Esses tem seu princípio de funcionamento baseado em sensores elétricos como termopares, termômetros de resistência e termístores (resistores que apresentam grande variação da resistência em função da variação da temperatura), além da radiação infra-vermelha, versão que não exige contato físico entre o termômetro e o objeto cuja temperatura se deseja medir. Tendo em vista a sua finalidade, estes termômetros podem ser simples, de baixo custo, ou de grande complexidade e onerosos como, por exemplo, os modelos utilizados nas pesquisas a temperaturas abaixo de 0,01 K. Segundo MCGEE “Os modelos mais simples de termômetro digital apresentam a vantagem do baixo peso e de eliminar o erro inerente ao ser humano quando do emprego de um termômetro convencional (erro de paralaxe, regressão da coluna de mercúrio, tempo de leitura lento)”. É possível destacar os usos crescentes em objetos de decoração e funcionais, como materiais de escritório em geral, quadros, relógios e letreiros luminosos em locais públicos.



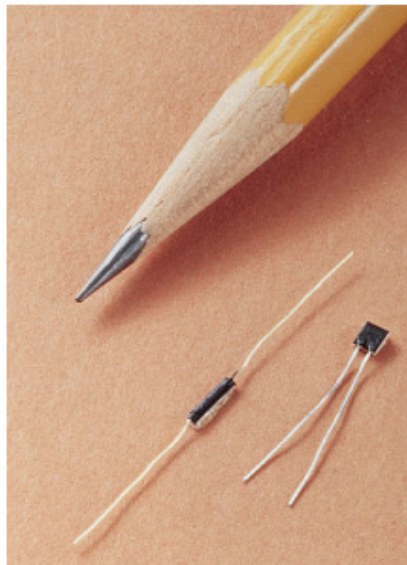
**Figura 3.4 – Termômetro de Digital 1**

Fonte: <http://www.logismarket.ind.br/ip/full-gauge-termometro-digital-termometro-digital-ti-02-641709-FGR.jpg>



**Figura 3.5 – Termômetro de Digital 2**

Fonte: [http://images02.olx.com.br/ui/11/13/60/1296384653\\_151961360\\_1-Fotos-de--Termometro-Digital-Infravermelho-C-Mira-A-Laser.jpg](http://images02.olx.com.br/ui/11/13/60/1296384653_151961360_1-Fotos-de--Termometro-Digital-Infravermelho-C-Mira-A-Laser.jpg)



**Figura 3.6 – Sensor de temperatura de resistência**

Fonte: <http://www.omega.com>

Assim, como citado os instrumentos de medição operam com diferentes princípios físicos, respondendo à variação da temperatura:

- 1- expansão da substância, provocando alteração de comprimento, volume ou pressão.
- 2- alteração da resistência elétrica;
- 3- alteração do potencial elétrico de metais diferentes;
- 4- alteração da potência radiante;

5- alteração da intensidade de carga elétrica em um fotodiodo;

### **3.3 – Temperatura e Ambiente**

#### **3.3.1 – Temperatura Terrestre**

Segundo dados do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Indústria (Inmetro) a composição do ar é de 78% de nitrogênio e 20,94% de oxigênio, o restante está composto por gás carbônico, água e uma pequena quantidade de gases nobres. Isso implica que tudo que se agrega a composição natural do ar são poluentes e interferem em nossa saúde prejudicam animais e vegetais e alteram o clima.

O efeito estufa é o principal agente para o aumento da temperatura na terra, de acordo com MARQUES (1992) “... É o nome dado ao processo de elevação da temperatura. Na atmosfera alguns gases atmosféricos deixam passar a radiação vinda do sol e absorvem aquela emitida pela Terra, reemitindo-a nos dois sentidos, para baixo e para cima. A parte reemitida para baixo é de novo absorvida pela superfície e reemitida para a atmosfera, onde o processo se repete. Com isso, tem-se uma espécie de “aprisionamento” de energia que é avaliado na prática pelo correspondente aumento de temperatura.”

Existem diversos estudos que visam quantificar as variações da temperatura devido ao incremento dos chamados gases do efeito estufa, contudo segundo estudiosos esses não permitem tirar conclusões definitivas. Em pesquisas realizadas por diversos autores, o pesquisador MITCHELLI realizou estudos em 1961 e constatou que existem possíveis associações na temperatura e no nível de CO<sub>2</sub> envolvendo a escala secular entre 1840 e 1860. Contudo, com estudos feitos entre 1960 e 1990 por LINDZEN no primeiro momento a temperatura mostrava uma queda, já o CO<sub>2</sub> mostrava uma forte ascensão devido a modernização, porém já no segundo momento LINDZEN observou que a partir da década de 70 houve um aumento da temperatura, acompanhando a tendência do aumento do conteúdo de CO<sub>2</sub>.

“Embora no passado tenha havido tendências de aumento de temperatura global, o período atual dos últimos 20 anos, tem sido marcado por uma tendência mais acentuada, coincidindo com serias mudanças no meio ambiente provocada pelo ser humano. Isto se verifica não só no conteúdo dos gases do efeito estufa, como também em outros aspectos, como a cobertura vegetal, a poluição atmosférica, a queima de combustíveis fósseis, a liberação de energia para atmosfera, etc” MARQUES, (1992).

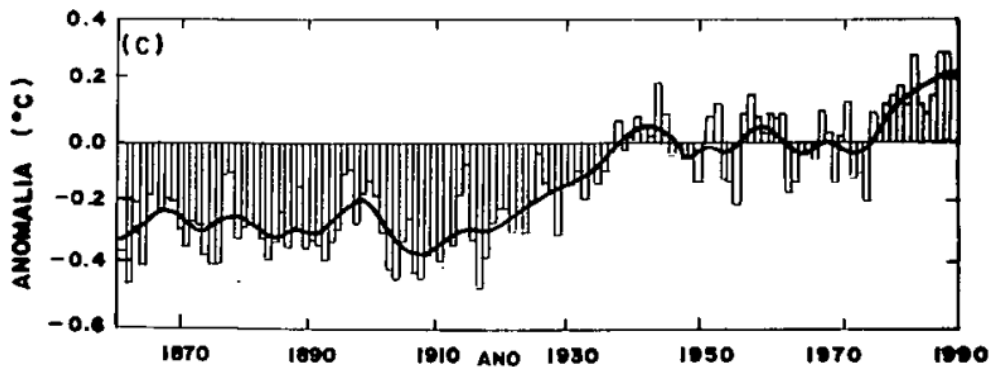


Figura 3.7 – Variação da temperatura à superfície entre 1850 e 1990

Fonte: Lindzen, 1990

### 3.3.2 – Temperatura e Conforto

Ao longo da história da humanidade, o homem tem buscado conforto, proteção e segurança nos ambientes onde vive. As características atuais das sociedades, tanto desenvolvidas como em desenvolvimento, fazem com que um elevado número de pessoas passe a maior parte de seu dia em ambientes interiores. Quando esses ambientes não apresentam características adequadas ao uso, podem, muitas vezes, gerar condições adversas, de má qualidade do ar interior, desconforto térmico, problemas de saúde e perda de produtividade.

A qualidade do ar e o conforto térmico em ambientes interiores estão relacionados às características do ambiente e de movimentação do ar, que podem afetar a saúde e o conforto dos ocupantes de uma edificação.



Segundo dados da Norma Regulamentadora 17, que trata da Ergonomia, que segundo Wisner em 1972 definiu como “o conjunto de conhecimentos científicos relativos ao homem e necessários a concepção de instrumentos, máquinas e dispositivos que possam ser utilizados com o máximo de conforto e eficácia”. A norma afirma que as seguintes condições ambientais de trabalho são tidas como ideais:

“17.5.1. As condições ambientais de trabalho devem estar adequadas às características psicológicas e fisiológicas dos trabalhadores e à natureza do trabalho a ser executado.

17.5.2. Nos locais de trabalho onde são executadas atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constante, tais como: salas de controle, laboratórios, escritórios, salas de desenvolvimento ou análise de projetos, dentre outros, são recomendadas as seguintes condições de conforto:

- a) níveis de ruído de acordo com o estabelecido na NBR 10152, norma brasileira registrada no INMETRO;
- b) índice de temperatura efetiva entre 20°C (vinte) e 23°C (vinte e três graus centígrados);
- c) velocidade do ar não-superior a 0,75m/s;
- d) umidade relativa do ar não-inferior a 40 (quarenta) por cento.”

### **3.4 – Umidade**

De acordo com a portaria nº 3.523/GM, de 28 de agosto de 1998 é possível considerar os seguintes fatos para controle de umidade em determinados tipos de ambientes.

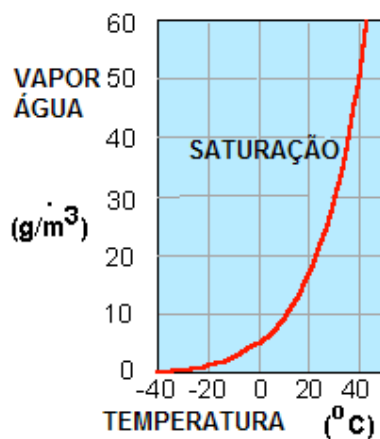
“... Considerando a preocupação com a saúde, o bem-estar, o conforto, a produtividade e o absenteísmo ao trabalho, dos ocupantes dos ambientes climatizados e a sua inter-relação com a variável qualidade de vida; considerando a qualidade do ar de interiores em ambientes climatizados e sua correlação com a Síndrome dos Edifícios Doentes relativa à ocorrência de agravos à saúde; considerando que o projeto e a execução da instalação, inadequados, a operação e a manutenção precárias dos sistemas de climatização, favorecem a ocorrência e o agravamento de problemas de saúde:

Art. 1º Aprovar Regulamento Técnico contendo medidas básicas referentes aos procedimentos de verificação visual do estado de limpeza, remoção de sujidades por métodos físicos e manutenção do estado de integridade e eficiência de todos os componentes dos sistemas de climatização, para garantir a Qualidade do Ar de Interiores e prevenção de riscos à saúde dos ocupantes de ambientes climatizados.

Art. 2º Determinar que serão objeto de Regulamento Técnico a ser elaborado por este Ministério, medidas específicas referentes a padrões de qualidade do ar em ambientes climatizados, no que diz respeito a definição de parâmetros físicos e composição química do ar de interiores, a identificação dos poluentes de natureza física, química e biológica, suas tolerâncias e métodos de controle, bem como pré-requisitos de projetos de instalação e de execução de sistemas de climatização...”

O ar atmosférico sempre contém quantidade variável de vapor de água conforme a temperatura, região, estação, etc. Esse vapor, resultante da evaporação das águas dos mares, rios e lagos, sobretudo pela ação do calor solar, sobem na atmosfera e assim passa a fazer parte de sua composição. Devem-se ao vapor de água diversos fenômenos relêvantes na vida de animais e plantas, como a chuva, neve, etc.

Segundo Ayode (1998), “O ar "pesado" tem grande umidade relativa; ele contém quase tanta umidade quanto pode conter. Quando um espaço contém todo o vapor d'água que pode conter à sua temperatura, sua umidade relativa é de 100 por cento. Se um metro cúbico de ar contém 7 gramas de vapor d'água, mas pode conter 14 gramas, sua umidade relativa é de 50 por cento.” Ou seja, é possível entender a umidade relativa de um volume de ar como a relação entre a quantidade de vapor de d'água que ele contém e o que conteria se estivesse saturado.



**Figura 3.8 – Linha de saturação**

Fonte: O Autor

### 3.5 – Componentes da Umidade

#### 3.5.1 – Características da Umidade

- Umidade Absoluta: De acordo com o estudo feito em agrometeorologia “A umidade absoluta do ar (UA, kg m-3 ou g m-3) é definida como a razão entre a massa de vapor de água e o volume do ar.

$$\frac{n}{V} = \frac{P}{RT} \quad (1)$$

n = número de moléculas

V = Volume

R = constante

T = temperatura do gás

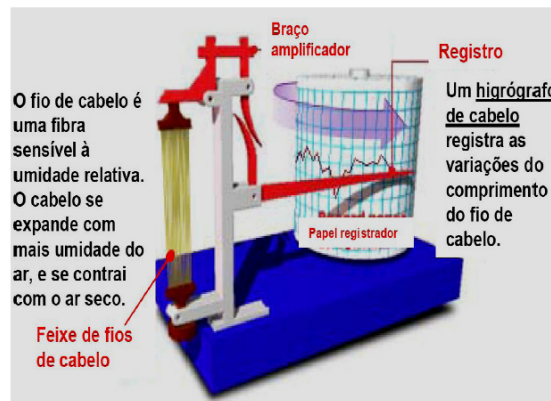
P = pressão

- Umidade Relativa: De acordo com o estudo feito em agrometeorologia “A umidade absoluta do ar (UA, kg m-3 ou g m-3) é definida como a razão entre a massa de vapor de água e o volume do ar.

#### 3.5.2 – Aparelhos para medição de umidade

**Higrômetro** – Algumas substâncias com capacidade de absorver a umidade atmosférica servem como elemento básico para a construção de higrômetros que é ilustrado de

acordo com a figura 3.9. Entre elas estão o cabelo humano e sais de lítio. No higrômetro construído com cabelo humano, uma mecha de cabelos é colocada entre um ponto fixo e outro móvel e, segundo a umidade a que está submetida, ela varia de comprimento, arrastando o ponto móvel. Esse movimento é transmitido a um ponteiro que se desloca sobre uma escala, na qual estão os valores da umidade relativa.



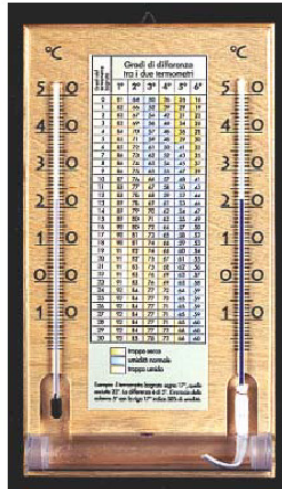
**Figura 3.9 – Higrômetro fios de cabelo**

Fonte: <http://www.dca.iag.usp.br/www/material/humberto/>

Outro tipo de higrômetro é o que se baseia na variação de condutividade de sais de lítio, os quais apresentam uma resistência variável de acordo com a água absorvida. Um amperímetro com sua escala devidamente calibrada fornecem os valores de umidade do ar.

**Psicrômetro** – Outra maneira de medir a umidade relativa é calcular a velocidade de evaporação da água. A figura 3.1° ilustra um psicrômetr, ou seja, dois termômetros de mercúrio idênticos são expostos ao ar: um traz o bulbo descoberto (“bulbo seco”); outro tem o bulbo coberto por gases umedecidos (“bulbo úmido”).

O primeiro termômetro mede o ar ambiente e o segundo a chamada temperatura de bulbo úmido. Os dois termômetros são colocados em uma circulação de ar ou em meio de ar circulante, protegidos de calor radiante. Devido ao calor de evaporação latente, a temperatura do termômetro de bulbo úmido baixa e baixa mais à medida que o ar for ficando mais seco. Depois de 01 ou 02 minutos a temperatura do termômetro de bulbo úmido permanece constante e os valores de medição dos dois termômetros (bulbo úmido e bulbo seco) podem ser lidos.



**Figura 3.10 – Psicrômetro**

Fonte: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d1/Psicrometro.svg/220px-Psicrometro.svg.png>

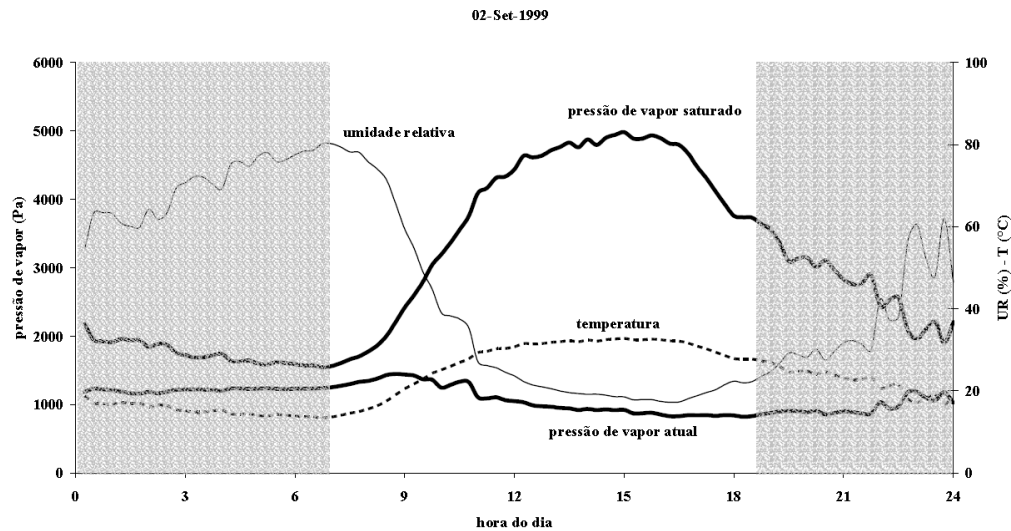
### **3.6 – Umidade e Ambiente**

#### **3.6.1 – Umidade Relativa Ideal**

É muito agradável entrar em um ambiente com temperatura e umidade adequada e constante, mas nem sempre encontramos essa situação nos locais de trabalho e ambientes convencionais. Deste modo, grandes indústrias ou pequenos estabelecimentos comerciais poderiam conservar por mais tempo seus produtos, evitar o desperdício de energia, se estivessem atentos à importância do controle da umidade.

Segundo estudos feitos em Física Agrícola, em condições meteorológicas estáveis, o teor de água na atmosfera permanece aproximadamente constante ao longo de um dia. Ao mesmo tempo, a temperatura apresenta um ciclo diário, apresentando um máximo no início da tarde e um mínimo na madrugada. Sendo assim, a pressão de vapor saturado, função da temperatura, apresenta um máximo e mínimo nos mesmos horários que a temperatura. A umidade relativa, razão entre pressão de vapor atual e saturado, conseqüentemente tem seu mínimo quando a temperatura é máxima, e vice-versa.

Esses fatos foram comprovados de acordo com a figura 3.9, a umidade relativa do ar ao longo do dia 2 de setembro de 1999, na cidade de Piracicaba. É possível observar que a umidade relativa, no período da tarde, está próxima a 20%. Durante a noite, devido à diminuição da temperatura, a umidade relativa aumenta até valores próximos de 80%.



**Figura 3.11 – Pressão de vapor, temperatura, pressão de vapor saturado, e umidade relativa do ar ao longo do dia 2 de setembro de 1999, em período seco**  
 Fonte: <http://www.ufpel.edu.br/faem/agrometeorologia/CapUR.pdf>

Estudos comprovam que a produtividade do trabalho do homem é muito menor quando o índice de umidade relativa do ar está muito baixo. O organismo humano gasta energia em excesso para alcançar o conforto térmico, quer seja eliminando água por meio da respiração, do suor, da urina ou da transpiração. Conseqüentemente, sua produtividade diminui ou adquire qualidade inferior.

De acordo com FANGER (2000), os trabalhadores de escritórios têm sua produtividade influenciada, significativamente, pela umidade do ar, podendo ser até 6,5% maior em ambientes cujo ar está em melhores condições. Há, portanto, grande incentivo econômico para que a qualidade do ar, em ambientes internos, seja melhorada.

### 3.6.2 – Umidade Relativa e Conforto

De acordo com os dados fornecidos pelo Ministério da Saúde (2008), a estiagem é um dos principais fatores responsáveis pelo agravamento de quadros de doenças respiratórias, como a asma e a rinite alérgica. Segundo esses dados, a baixa umidade do ar, comum no período da seca, representa um grande tormento para as pessoas portadoras de doenças respiratórias, embora nesse período também aumente a incidência de sintomas como:

- Complicações respiratórias devido ao ressecamento de mucosas;
- Sangramento pelo nariz;
- Ressecamento da pele;
- Irritação dos olhos;
- Eletricidade estática nas pessoas e em equipamentos eletrônicos;

Segundo dados da revista Veja, no Distrito Federal e nos estados de Goiás, Mato Grosso e Tocantins e algumas regiões dos estados do Pará, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão e Piauí, a seca se manifesta com mais intensidade e, conseqüentemente, o número de atendimentos médicos aumentam consideravelmente. Nesses locais, o Ministério da Saúde tem procurado capacitar profissionais de saúde para diagnosticar e tratar essas doenças, inclusive com campanhas de conscientização à população alertando-a para cuidados que amenizem as crises e diminuam o índice de mortalidade.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde – OMS (2008), os valores da umidade relativa do ar ideais variam de 55% a 80%. Segundo essa organização, é fundamental que o homem observe alguns procedimentos que minimizam a influência nociva provocada pela baixa umidade:

- **Entre 20 e 30% - Estado de atenção**

- Evitar exercícios físicos ao ar livre entre 11 e 15 horas;
- Umidificar o ambiente através de vaporizadores, toalhas molhadas, recipientes com água, molhamento de jardins etc.;
- Sempre que possível permanecer em locais protegidos do sol, em áreas vegetadas etc;

- **Entre 12 e 20% - Estado de Alerta**

- Observar as recomendações do estado de atenção;
- Suprimir exercícios físicos e trabalhos ao ar livre entre 10 e 16 horas;
- Evitar aglomerações em ambientes fechados;
- Usar soro fisiológico para olhos e narinas;

- **Abaixo de 12% - Estado de emergência**

- Observar as recomendações para os estados de atenção e de alerta
- Determinar a interrupção de qualquer atividade ao ar livre entre 10 e 16 horas como aulas de educação física, coleta de lixo, entrega de correspondência etc;
- Determinar a suspensão de atividades que exijam aglomerações de pessoas em recintos fechados como aulas, cinemas etc entre 10 e 16 hora



### **3.7 – Ar condicionado**

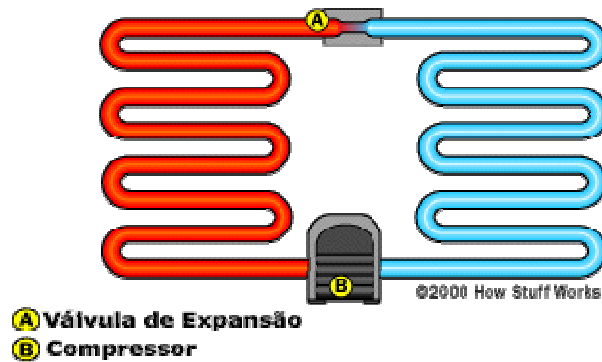
Devido a crescente urbanização e industrialização da sociedade, as pessoas estão presente cada vez mais tempo em ambientes fechados e climatizados artificialmente através de sistemas de ar condicionado. Neste, contexto a principal finalidade do sistema de ar condicionado é o conforto térmico. (Fanger, 1986)

De acordo com a ABNT, condicionamento de ar é o processo pelo qual são controladas, simultaneamente, a temperatura, a umidade, a movimentação e a pureza do ar em recintos fechados. Ar condicionado é o ar resultante do processo de condicionamento.

De acordo com COSTA (1991) “O condicionamento de ar pode ser dividido em duas categorias distintas quanto ao seu objetivo: conforto e industrial. Enquanto o condicionamento de ar para conforto visa às pessoas, o industrial tem por objetivo satisfazer condições de processos. No que diz respeito ao ar, o condicionamento de ar na indústria se diferencia daquele para conforto em diversos aspectos, contando-se entre eles: o nível de temperatura, as exigências de um controle adequado da umidade e um elevado índice de filtragem e remoção de contaminantes. O condicionamento de ar na indústria pode ser encontrado em aplicações tais como: indústria de impressão, onde um rígido controle de umidade se faz necessário para uma fixação adequada das cores em impressão colorida; indústria têxtil, onde se busca limitar o rompimento de fibras; indústria de produção de material fotográfico; e laboratórios. Ou seja, para COSTA é possível afirmar que a grande diferença entre o condicionamento de ar para conforto e aquele na indústria reside na maior precisão que este último exige no controle da temperatura.

É de conhecimento público que muitos locais necessitam de condicionamento do ar especial, principalmente na qualidade requerida como, por exemplo, em hospitais, principalmente em salas de operações, centros de terapia intensiva. Devido às reduções na quantidade de ar exterior insuflado ao ambiente ou mesmo a qualidade de ar insuflado diversos problemas de saúde são ocasionados.

Segundo o site HowStuffWorks.com “Um ar condicionado é basicamente uma geladeira sem seu gabinete. Ele usa a evaporação de um fluido refrigerante para fornecer refrigeração. O termo Fréon é genericamente usado para qualquer dos vários fluorcarbonos não inflamáveis utilizados como refrigerantes e combustíveis nos aerossóis.

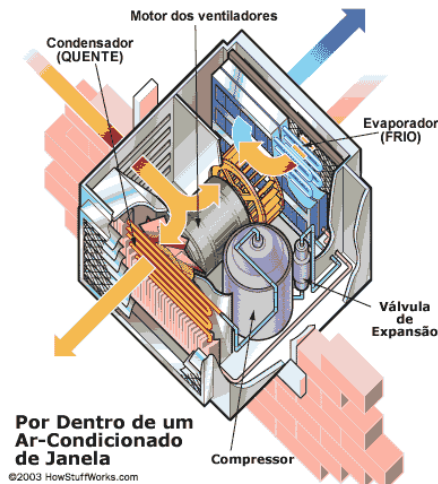


**Figura 3.12 – Diagrama Ar Condicionado**  
Fonte: <http://www.howstuffworks.com>

É assim que funciona o ciclo de refrigeração em um ar condicionado. O compressor comprime o gás frio, fazendo com que ele se torne gás quente de alta pressão (em vermelho no diagrama). Este gás quente corre através de um trocador de calor para dissipar o calor e se condensa para o estado líquido. O líquido escoar através de uma válvula de expansão e no processo ele vaporiza para se tornar gás frio de baixa pressão (em azul claro no diagrama). Este gás frio corre através de trocador de calor que permite que o gás absorva calor e esfrie o ar de dentro do prédio. Misturado com o fluido refrigerante, existe uma pequena quantidade de um óleo de baixa densidade. Esse óleo lubrifica o compressor.

### **Aparelhos de janela**

De acordo com a fabricante YORK, um aparelho de ar condicionado de janela constitui um sistema completo de condicionamento de ar para locais pequenos. Estas unidades são fabricadas em tamanhos suficientemente pequenos, para que se encaixem em uma janela padrão.



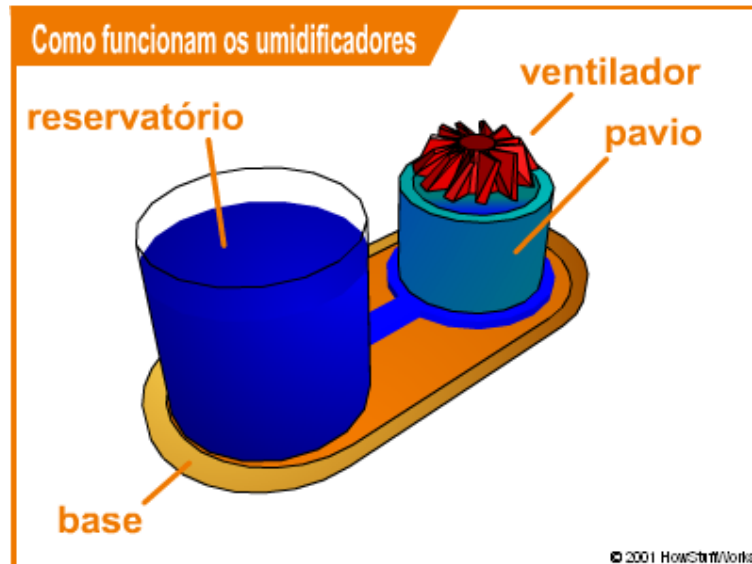
**Figura 3.13 –Ar Condicionado Janela**  
Fonte: <http://www.howstuffworks.com>

Os ventiladores sopram ar sobre os trocadores de calor para melhorar a sua capacidade de dissipar calor (para o ar exterior) e frio (para o ambiente ser resfriado).

### 3.8 – Umidificador de ar

Umidificador de ar é o equipamento que ajuda a manter a umidade em ambientes fechados, em um nível confortável. De acordo com informações fornecidas pela ABORL – CCF, esse aparelho ajuda a minimizar a ardência nos olhos, a irritação na garganta, sangramentos no nariz, conseqüências diretas do ar seco e comuns em determinadas épocas do ano. Entretanto, segundo essa associação, por ser um aparelho relativamente caro, as pessoas que mais se beneficiam com sua utilização, são aquelas que têm rinite ou asma, já que o ar seco agrava consideravelmente esses problemas.

De acordo com o site HowStuffWorks o tipo mais comum de umidificador é o umidificador evaporativo. Ele funciona da seguinte maneira um reservatório capta a água fria e a joga em um recipiente. A água é absorvida por um recipiente com parede porosa. Um ventilador força o ar passar nesse recipiente que fica úmido. Conforme o ar passa por esse recipiente, um pouco de água evapora.



**Figura 3.14 – Funcionamento Umidificador**

Fonte: <http://www.howstuffworks.com>

Quanto mais alta a umidade relativa, mais difícil de evaporar a água, e é por isso que o umidificador é auto-regulável: conforme a umidade aumenta, a quantidade de vapor de água eliminado diminui.

### **3.9 – Utilização do controle de Temperatura e Umidade**

Segundo dados fornecidos pela EMERSON empresa especializada em tecnologias para climatização de ambientes. Existem diversas condições e aplicações que se usam pode utilizar o controle destas variáveis e apresentar um ótimo papel na otimização de custo e benefício e bem estar pessoal.

**Supermercados e Lojas de Conveniência** – Nestes lugares existem portas que são constantemente abertas e fechadas, e permitem infiltração de ar externo, adicionando carga para o ambiente. Altos índices de umidade podem causar operação ineficiente dos sistemas de

refrigeração e freezers. Alta umidade, super-resfriamento ou flutuações de temperatura podem causar desconfortos significantes para os clientes.

**Escolas** – A variação do índice de ocupação dependendo do horário do dia e do ano, requerem um sistema que possa atender a cargas variáveis. Quando uma classe de aula ou um auditório está cheio, a carga será muito alta e o equipamento de ar condicionado deveria controlar a carga do modo mais eficiente possível. Alta umidade, super-resfriamento ou flutuações de temperatura podem causar desconfortos significativos para estudantes e funcionários

**Restaurantes e Cafés** – Áreas de cozinha têm várias atividades que produzem umidade, como lavagem de pratos, cozimento e serviços de bebidas quentes que podem facilmente resultar em problemas de controle de umidade e super-resfriamento por meio de unidades convencionais. O alto grau de ocupação requer um sistema que possa precisamente atingir o range de carga. Alta umidade, super-resfriamento ou flutuações de temperatura podem causar desconfortos significativos para clientes e funcionários.

**Igrejas e Auditórios** – Como em escolas, o alto grau de ocupação variável pode resultar em problemas no controle de umidade, situações de super-resfriamento e balanços de temperatura com equipamentos convencionais. Níveis de umidade incontroláveis podem causar deformação ou apodrecimento de móveis e pisos no prédio e podem causar descascamento da pintura.

**Academias** – Transpiração produzida em salas de musculação e durante exercícios cardiovasculares, assim como em vestiários, podem causar condições de ambiente desconfortáveis e com alta umidade. Além do desconforto humano, estas condições podem propagar o crescimento de mofo e bolor. Temperatura e umidade devidamente controladas na maioria dos casos criam um ambiente mais saudável para consumidores e menores custos de manutenção para proprietários.

**Museus e Livrarias** – Estas aplicações requerem um forte grau de controle de temperatura e umidade durante a operação com carga parcial e total. Altos índices de umidade nestas estruturas podem causar danos substanciais para livros inestimáveis e artefatos. Quando

objetos históricos preciosos são expostos ou armazenados, é necessário um controle preciso de temperatura e umidade.

## **CAPÍTULO 4 – DESENVOLVIMENTO DO PROJETO**

### **4.1 - Proposta para Solução do Problema**

Para desenvolver a solução integrada são necessários alguns periféricos de campo como um sensor de temperatura, para obtenção da mudança de temperatura do ambiente, um sensor de umidade para proporcionar o monitoramento da variação da umidade relativa, um micro-controlador FX06 para recebimento de informações e controle de dispositivos com suas entradas e saídas analógicas/digitais e por fim um FX20 controlador supervisor que contribuirá para a visualização dos dados através de um interface web.

A integração das tecnologias se dará através de dois softwares o FX Builder e o FX Workbench. Dois dispositivos de campo serão responsáveis pelo monitoramento da variação de temperatura e umidade. Após a captura das informações será tratado logicamente em blocos lógicos de controle essas condições lógicas, que serão utilizadas para o controle on/off do equipamento de ar-condicionado e do umidificador. Os dados básicos (setpoints) para atuação dos equipamentos de campo serão inseridos através de um display LCD no próprio controlador FX06 ou pela interface web criada através do FX20.

O protótipo pode ser dividido em 02 (dois) módulos fisicamente ligados através do modo de comunicação RS-485 e os seus dados são trocados através do protocolo N2 Bus Communications do tipo mestre/escravo, que permite que somente um dispositivo (mestre) inicie as transações, enquanto os outros dispositivos (escravos) respondem de acordo com o pedido do mestre. Em um primeiro momento, os sensores de temperatura (Sensor\_T) e de umidade (Sensor\_U), são responsáveis pela coleta de dados, porém, isso só é feito depois que os objetos de BLC, programados no primeiro módulo, do FX06 solicita essa tarefa que é definida como constante. Após receber os dados ainda em forma de BLCs a FX06 realiza as comparações de valores e envia um dado ou comando para as suas saídas digitais capazes de suportar de 90v a 220v de tensão, e são essas responsáveis pelo acionamento dos aparelhos que manterão a umidade e a temperatura dentro da faixa de valores estipulados inicialmente, os setpoints. Os mesmos poderão ser estipulados através de uma tela LCD no controlador FX06 e através da interface web disponibilizada pelo segundo módulo o supervisor FX20.

## 4.2 – *N2 Bus Communications*

Segundo HELB (1999), “O protocolo de comunicação são alguns conjuntos de regras, convenções e troca de informações entre sistemas, e isso significa que se pode construir um dispositivo capaz de trocar informações usando aquele protocolo.

Podemos assim interpretar que na comunicação de dados e na interligação em rede, o protocolo é o padrão que especifica o formato dos dados e as regras que deverão ser seguidas. Uma rede não funciona sem os protocolos uma vez que são eles que determinam como um programa deve preparar os dados que serão enviados para o estágio seguinte do processo de comunicação.

Portanto, para construção deste protótipo observou-se as possibilidades e vantagens oferecidas pelos protocolos de comunicação digitais, tais como a diminuição de afiação, facilidade de manutenção, flexibilidade na configuração da rede e, principalmente, diagnóstico dos dispositivos. Os diferentes dispositivos comunicam-se com outros e, de forma cooperativa, realizam tarefas que obedecem ao atendimento dos comandos impostos. Para tanto, optou-se pelo protocolo N2 Bus Communications de propriedade da Johnson Controls e que tem característica do tipo mestre/escravo que permite que somente um dispositivo (o mestre) inicie as transações. Os outros dispositivos (escravos) respondem de acordo com o pedido do mestre ou de acordo com a tarefa solicitada. O dispositivo periférico processa a informação e envia os dados para o mestre.

### 4.2.1 – Características da *N2 Bus Communications*

O N2 Bus Communications é baseada em uma rede local que liga os controladores e interfaces que apontam para o Módulo de Controle de Rede (MCR), que neste protótipo está sendo representando pelo FX20.

A rede N2 é baseada no protocolo Opto Optomux-22, e foi projetado para aplicações industriais. A rede N2 segue as características eletroeletrônicas da Alliance (EIA) padrão RS-485. É isolado opticamente em relação a si e outros aparelhos o que segundo o fabricante



garante uma operação confiável e com imunidade a ruídos. Algumas das características de dados que trafegam pela rede N2 incluem:

- Os comandos do MCR a um dispositivo;
- Os pedidos de dados a partir da MCR a um dispositivo;
- Resposta a partir de um dispositivo como mudança de estado a MCR;

#### 4.2.2 – Teoria da operação *N2 Bus Communications*

O N2 Bus possui três diferentes tipos de comunicação, quatro níveis de prioridades e um método específico de transmissão de dados.

Os tipos de comunicação do N2 Bus, podem vir de qualquer um MCR ou qualquer dispositivo de interface de usuário: Pesquisa Offline, Pesquisa Online e Comunicação Geral são os três tipos de comunicação. A MCR inicia todas as três tipos de comunicação.

- **Pesquisa Off-line** - Um pedido do MCR para re-estabelecer a comunicação com um dispositivo off-line. Este tipo de pesquisa ocorre continuamente entre os MCR e cada dispositivo N2 off-line que é definido no banco de dados do MCR. Um dispositivo off-line é monitorado uma vez após cada varredura completa de todos os dispositivos online. Uma vez que a comunicação é estabelecida, o MCR começa a enviar pesquisas on-line para o dispositivo.

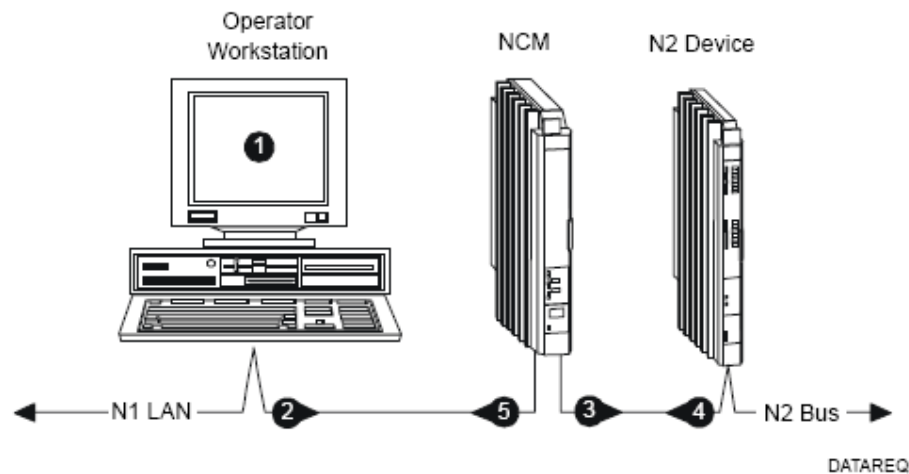
- **Pesquisa On-line** - Um pedido do MCR para determinado dispositivo N2 para qualquer alteração de estado. As sondagens pelos dispositivos conectados ao CLR são contínuas, e de acordo com o níveis de prioridade atribuídos aos dispositivos. A sondagem é interrompida momentaneamente quando um comando é emitido através da comunicação em geral.

- **Comunicação Geral** - Comandos e pedidos que vêm de aplicativos de programas ou dispositivos de operação. Estes podem ocorrer em qualquer lugar na rede. Esse tipo de comunicação tem preferência sobre o método de atuação. Após a conclusão da comunicação geral, vem a Pesquisa Online e por fim a Pesquisa Offline.

A rede N2 possui quatro níveis de prioridade e estes podem ser atribuídos aos dispositivos N2: 0, 1, 2 e 3, onde 0 é o mais alto. A prioridade muitas vezes estabelece a forma como um dispositivo será interpretado. Por exemplo, um dispositivo de Prioridade 2

será consultado com mais frequência do que um dispositivo com prioridade 3 . Quantas vezes um dispositivo será priorizado depende da prioridade atribuída pelo programador. No entanto, com a consulta de manuais foi recomendado atribuir maior prioridade a um número limitado de dispositivos casos a aplicação necessite de um tempo de resposta mais rápido.

A figura 4.1 ilustra como se comporta em uma solicitação de dados a partir da estação de operação (EDO) e trafega pela Rede de Área Local N1 (LAN) e os N2 Bus Communications.



**Figura 4.1 – Requisição de dados de uma estação de trabalho (EDO).**

Fonte: Manual Técnico N2 Bus Communications

1. O pedido é criado na EDO.
2. A mensagem é transmitida através da LAN N1 ao MCR(FX20) que tem esse objeto definido. A MCR re-formata a mensagem.
3. O MCR envia a mensagem sobre o barramento N2 para o dispositivo adequado afim de obter as informações solicitadas. O dispositivo N2 responde(FX06).
4. O MCR envia os dados para a EDO requerente.

Para levar este exemplo, para a realidade deste protótipo, foi proposto que os sensores de temperatura e umidade estarão ligados às entradas analógicas do dispositivo FX06 que

possui o módulo de comunicação N2. O mesmo é capaz de indicar a mudança de valor da temperatura ou umidade ambiente que são os principais atributos para o controle ON/OFF. Dessa forma é possível transmitir essas informações através da rede N2 Bus Communications e informar a EDO de maneira conveniente e conforme estabelecidos nos parâmetros pré-definidos na programação de controle.

#### 4.2.2 – Regras para utilização N2 Bus Communications

**Tabela 4.1 – Regras N2 Bus**

GERAL	QUANTIDADE DE DISPOSITIVOS	TAMANHO DA FIAÇÃO	CABO	TERMINAÇÃO
Uma ou Duas Rede N2 por MCR	100 Dispositivos por MCR	1524 metros ente MCR e o ultimo dispositivo N2 antes do repetidor pode ser necessário	26 AWG par trançado ou maior	Dois switchs de EOL por segmento
Dispositivos encadeados	50 dispositivos por repetidor			Um switch de EOL por segmento
	Dois repetidores cascadeados			

Fonte: Manual Técnico N2 Bus Communications

- **Geral** - Cada MCR é capaz de suportar até duas redes N2. É permitido atrelar vários dispositivos com comunicação via rede N2, tal como o FX06.

- **Números de dispositivos**

- É possível conectar até 100 dispositivos a um MCR, incluindo repetidores. Esse número é dependente das características e da quantidade de pontos que serão utilizados na MCR.

- É permitido conectar até 50 dispositivos antes de um repetidor ser necessário. O repetidor entra na contagem como um dispositivo.

- Qualquer dado trafegado na rede do MCR a um dispositivo da rede N2 não pode ultrapassar dois repetidores ou dois modems de fibra óptica (ou seja, ligação em cascata dos repetidores / modems). Isso ocorre porque o repetidor / modem provoca um atraso no

sinal da rede N2, o sinal de entrada A e o sinal de saída B. A rede N2 pode compensar apenas dois desses atrasos, por isso, até dois repetidores ou dois pares de fibra de modems podem ser conectadas em série.

- **Tipo e tamanho da fiação**

- O máximo de 1524 m de cabo blindado é permitido antes de um repetidor ser necessário.

- A distância máxima de um MCR para um dispositivo N2, mesmo através de repetidores, é de 4.572 m.

- É possível usar a bitola 18 a 26 do padrão AWG fio de par trançado, porém a fabricante Johnson Controls recomenda a bitola 22 AWG ou maior, não é recomendado menor, pois o fio quebra facilmente quando lançado e instalado.

- **Terminação**

- Definir o fim de linha (EOL) para qualquer dispositivo que esteja na rede N2.

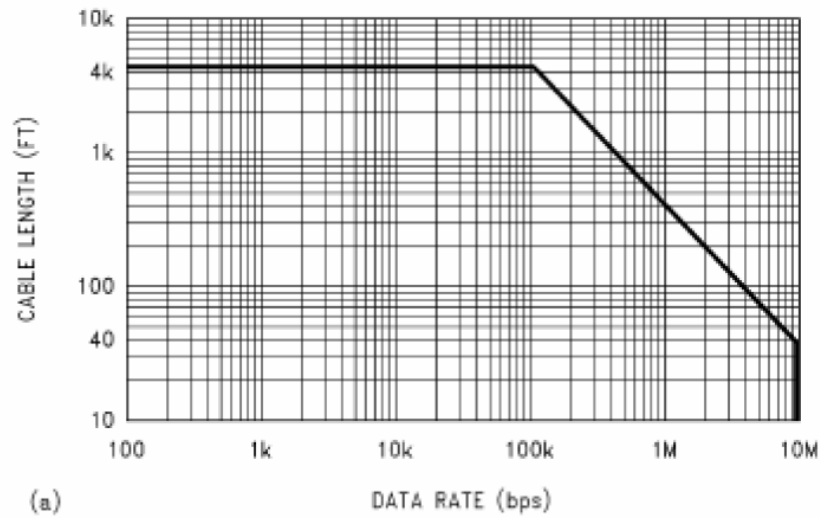
- Para cada segmento de rede N2, pelo menos um dispositivo deve agir como EOL(End-Of-Line). Isto significa dizer que a rede N2 será menos sensível a ruídos, se as extremidades dos segmentos forem destacadas como EOL.

#### 4.2.3 Padrão de Comunicação RS-485

Considerando que uma aplicação consiste de vários dispositivos em lugares diferentes e um sistema pode ser composto por diversas unidades, cada uma com determinada função, é necessário que exista um meio de comunicação entre eles.

O padrão RS - Recommended Standard - foi criado em 1983 e desenvolvido pela EIA (Eletronics Industry Association), que promoveu uma potente forma de comunicação multiponto, muito utilizada para transferência de dados para pequenas quantidades e taxas de até 10 Mbps.

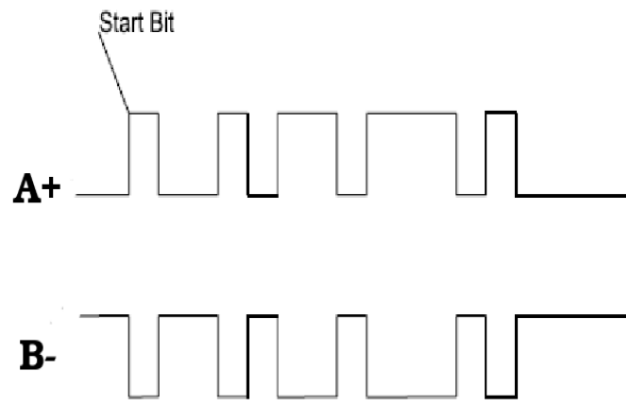
Embora seu alcance possa chegar até a 4.000 pés ou 4.572m, esta é uma das limitações da rede N2, quanto maior a distancia a ser percorrida pelos dados, menor será a taxa de transmissão, conforme figura 4.2.



**Figura 4.2 – Distância X Taxa de transmissão**

Fonte: [http://www.cic.unb.br/~bordim/TD/Arquivos/G10\\_Monografia.pdf](http://www.cic.unb.br/~bordim/TD/Arquivos/G10_Monografia.pdf)

O padrão RS-485 utiliza apenas um par de fios, e neste protótipo está denominado N2+ e N2-, vide a figura 4.3 e também possui comunicação de forma diferencial. Ou seja, segundo o manual técnico da Johnson Controls quando o fio A for positivo e o B for negativo, obtêm-se o nível lógico 1 e quando o fio A for negativo e o B positivo, o nível lógico será 0, o que significa que o nível lógico é determinado pela diferença de tensão entre os fios, daí o nome de modo de operação diferencial.



**Figura 4.3 – Par Diferencial**

Fonte: <http://www.national.com/an/AN/AN-1057.pdf>

O padrão RS-485 foi desenvolvido para atender a necessidade de comunicação multiponto. Para aplicações do padrão RS-485, utiliza-se um único PC como mestre da rede e único cabo de rede. Os terminais remotos da rede são tratados por endereçamento. Seu protocolo é do tipo half-duplex, entretanto não há definições ou recomendações dependendo do fabricante.

O padrão RS-485 foi utilizado na construção deste protótipo por apresentar as seguintes vantagens:

- Redes locais baratas quando comparadas a outras;
- Flexibilidade de configuração;
- Familiaridade com dispositivos da rede N2 onde foi possível projetar e testar o processo de comunicação com equipamentos certificados para tal;

O padrão RS-485 possui as seguintes características elétricas:

**Tabela 4.2 – Características Elétricas do padrão RS-485**

PARÂMETRO	VALOR
Modo de operação	Diferencial
Numero de TX e RX	32 TX 32 RX
Comprimento Máximo	1200m
Taxa máxima de Comunicação	10Mbps
Tensão máxima de Modo Comum	12 à -7 volts
Tensão mínima de Transmissão (carga)	+ 1,5 volts
Tensão mínima de Transmissão (sem carga)	+ 6 volts
Impedância Mínima de carga	60 $\Omega$
Limite da corrente mínima da saída em Curto circuito (mA)	150 para terra 250 para -7 até 12 volts
Impedância de Entrada do RX	12K $\Omega$
Sensibilidade do RX	$\pm$ 200mV

### 4.3 – Equipamentos Utilizados

#### 4.3.1 – Softwares

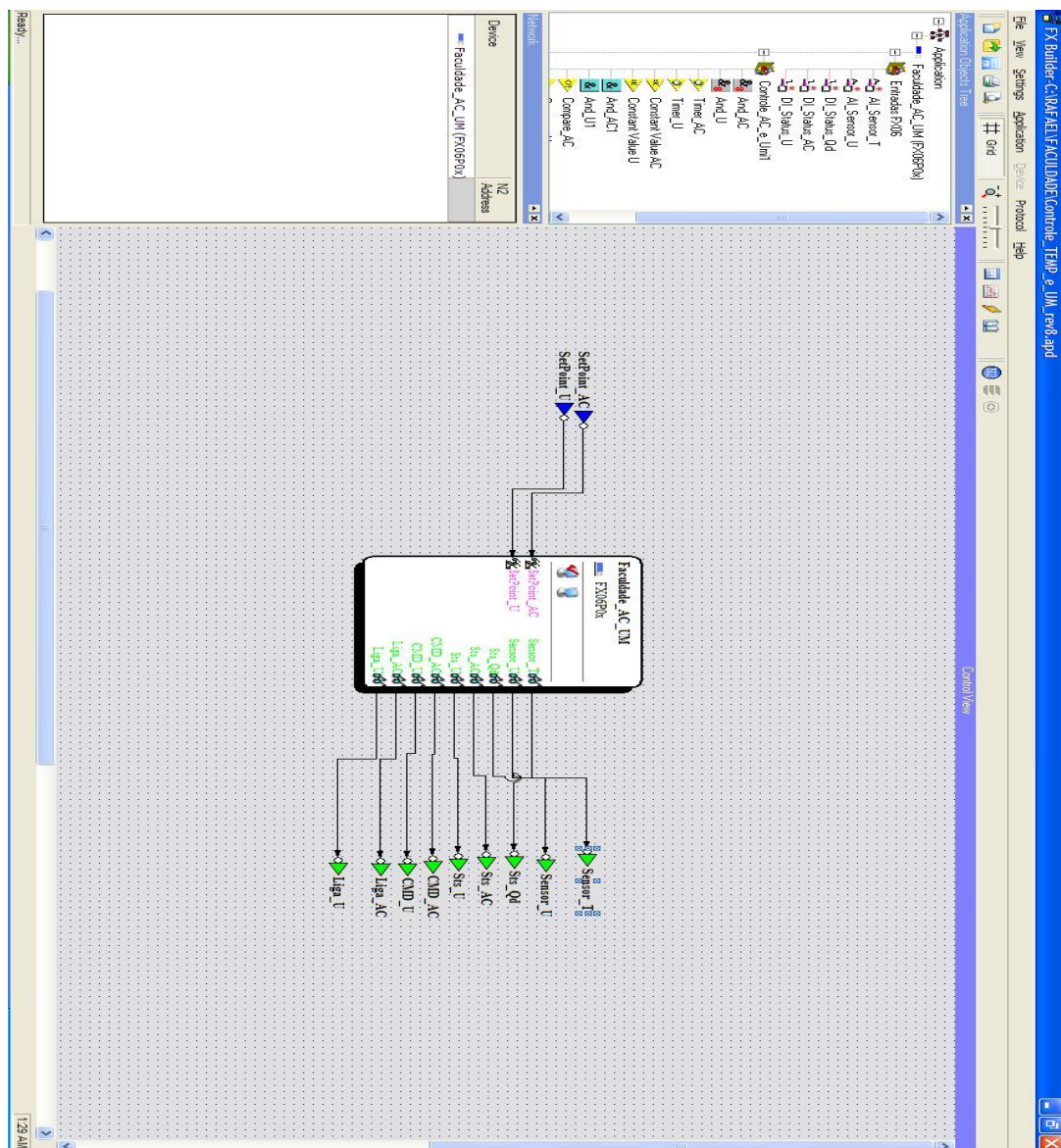
Os programas de computador necessários para o desenvolvimento e execução da aplicação são:

- ***FX Builder***

O FX Builder é um dos softwares do pacote de software FX Tool Pro e é usado para criar aplicativos para os controladores da série Facility Explorer destinados ao Aquecimento, a Ventilação, o Ar Condicionado e a Refrigeração. O FX Builder oferece um ambiente de programação gráfica com BLCs e muitos recursos que ajudam a implementar programas com rapidez e precisão. Esse software trás em sua composição um conjunto de blocos de funções padrões e objetos de controle que podem ser utilizados independentemente ou agrupados em assemblys personalizados que possam ser reutilizado em outras aplicações. Não só oferece total flexibilidade na geração de aplicações, mas também inclui recursos para salvar e reutilizar aplicações como padrões sempre que necessário.

Algumas das funções executadas pelo FX Builder são:

- Definir e configurar o dispositivo-alvo linha FX controladores e suas entradas e saídas físicas;
- Projetar o algoritmo de controle;
- Identificar os pontos dados a serem monitorados e o formato da interface de usuário;
- Web design páginas para o servidor Web incorporado;
- Definir o perfil de rede tanto para protocolo N2 como LonWorks ®.



**Figura 4.4 – Fx Builder**  
Fonte: O Autor



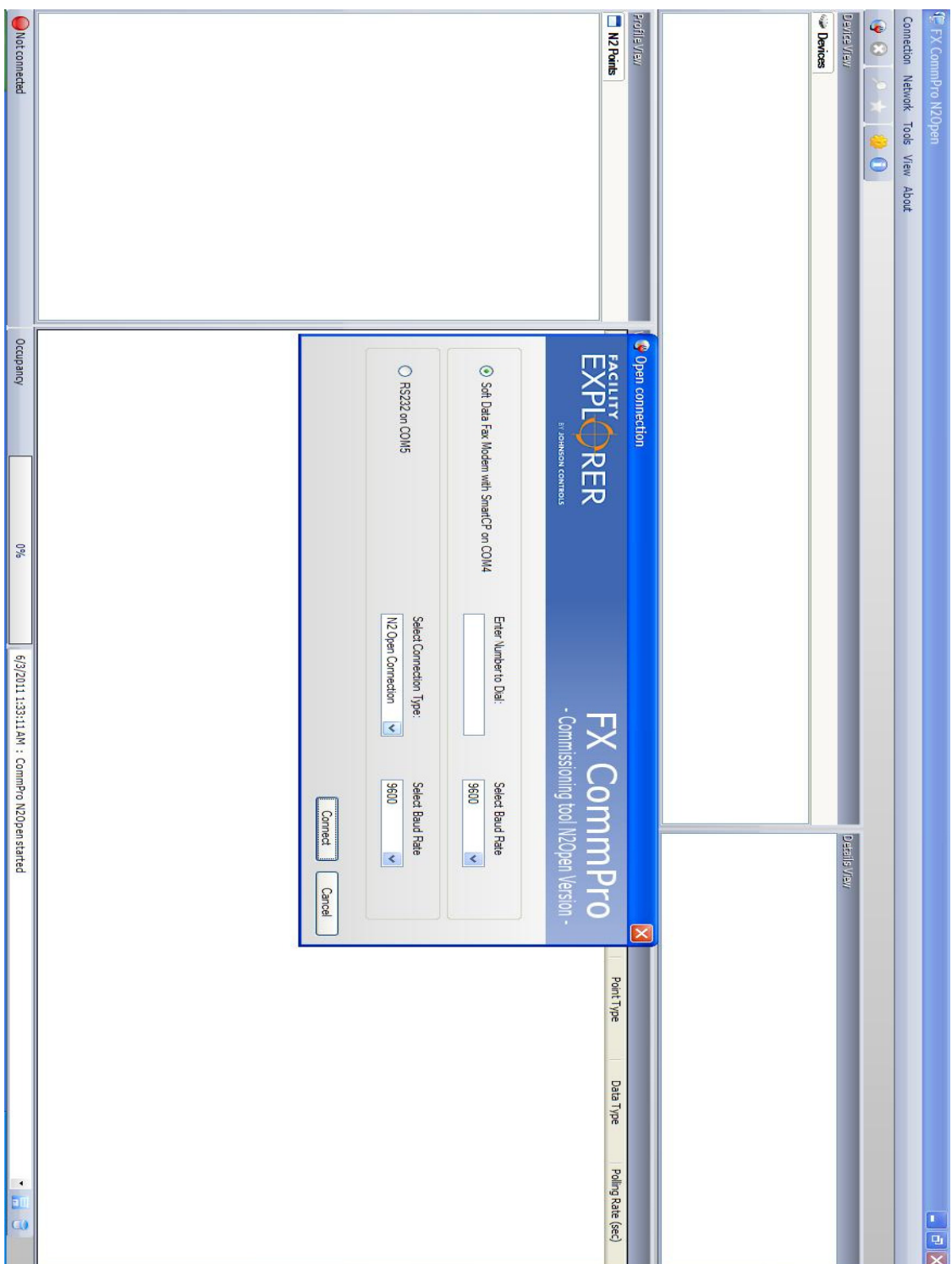
- ***FX CommPro N2***

É também um software que integra o pacote FX Pro Tools. O FX CommPro N2 é utilizado para fazer download de aplicativos para os controladores da série Facility Explorer e executar atividades de comissionamento online. O comissionamento online refere-se a um conjunto de processos que garantem que a aplicação de controle opere de acordo com as especificações previstas. O FX CommPro N2 permitiu realizar testes no aplicativo de controle com o controlador energizado.

Algumas funções deste software são:

- Ler o status do dispositivo on-line;
- Download de novas aplicações de controle;
- Carregar aplicações de controle já existente;
- Modificar parâmetros de controle;
- Ler os dados específicos do dispositivo;

Com o FXCommPro N2 também foi possível configurar e ajustar os parâmetros on-line através de uma interface bastante intuitiva com o usuário. Para o software FX CommPro N2 se comunicar com os controladores da rede N2 foi necessário um conversor RS-485 para USB de forma a converter o sinal e permitir total controle da aplicação em ambiente Windows.



**Figura 4.5 – Fx CommPro**  
Fonte: O Autor

#### 4.3.2 – Hardwares

Os hardwares de computador necessários para o desenvolvimento e execução da aplicação são:

- ***FX20***

O FX20 é um supervisório de rede e oferece um controle integrado de supervisão e gestão de serviços para uma ou mais redes locais de controladores que estão sob seu domínio, e busca fornecer controle direto sobre as entradas e saídas.

O FX20 pode ser utilizado para monitorar e controlar interfaces de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (HVAC); iluminação e outros sistemas elétricos para:

- Proporcionar uma coordenação global do sistema;
- Melhorar o conforto dos ocupantes;
- Reduzir o consumo de energia;
- Otimizar a eficiência operacional;

O supervisório FX organiza o sistema em informações com telas, que os usuários podem acessar via web browser. Sua gama de requisitos com capacidade de controle e desempenho o torna ideal para:

- Supervisão de instalações de pequeno a grande porte;
- Controle direto dos equipamentos;



**Figura 4.6 – Supervisório de Rede FX20 - 1**  
Fonte: Autor



**Figura 4.7 – Supervisório de Rede FX20**  
Fonte: Autor

- ***FX06***

O FX06 é um controlador compacto. O controlador é projetado especificamente para aplicações de aquecimento comercial, ventilação, ar Condicionado e Refrigeração (HVACR).

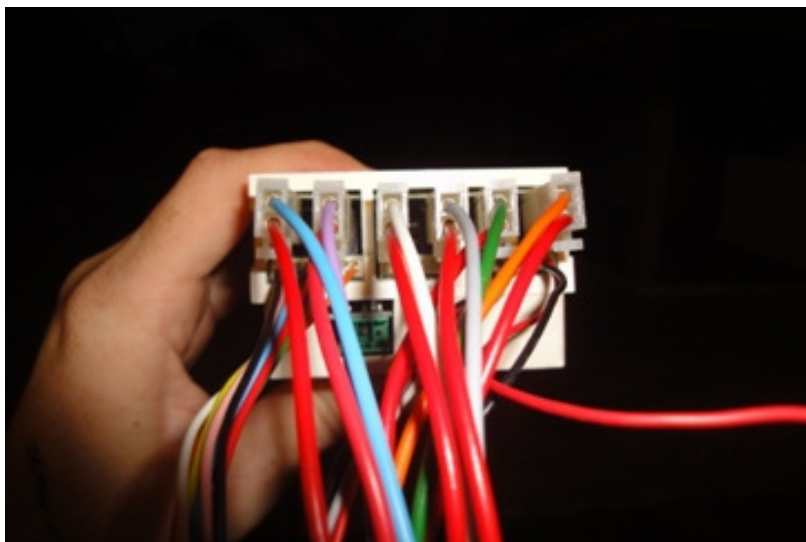
O FX06 é um controlador de alto desempenho com um poderoso microprocessador de 16 bits e um software para o controle preciso de muitos tipos de equipamentos mecânicos e elétricos. O controlador possui 17 entradas e saídas físicas e suporta uma ampla gama de sensores de temperatura e de acionamento de dispositivos. É possível a integração com sensores ativos para a medição de umidade, pressão e outras variáveis.

O FX06 também possui um Liquid Crystal Display (LCD) com um conjunto de ícones de status gráfico utilizado nas aplicações mais comuns HVACR. Os módulos de comunicação estão disponíveis para permitir que o controlador possa ser integrado em um espaço aberto ou em uma rede N2 de um sistema de automação predial. O controlador de campo FX06 é totalmente configurável e programável.



**Figura 4.8 – Controlador de campo FX06**

Fonte: Autor

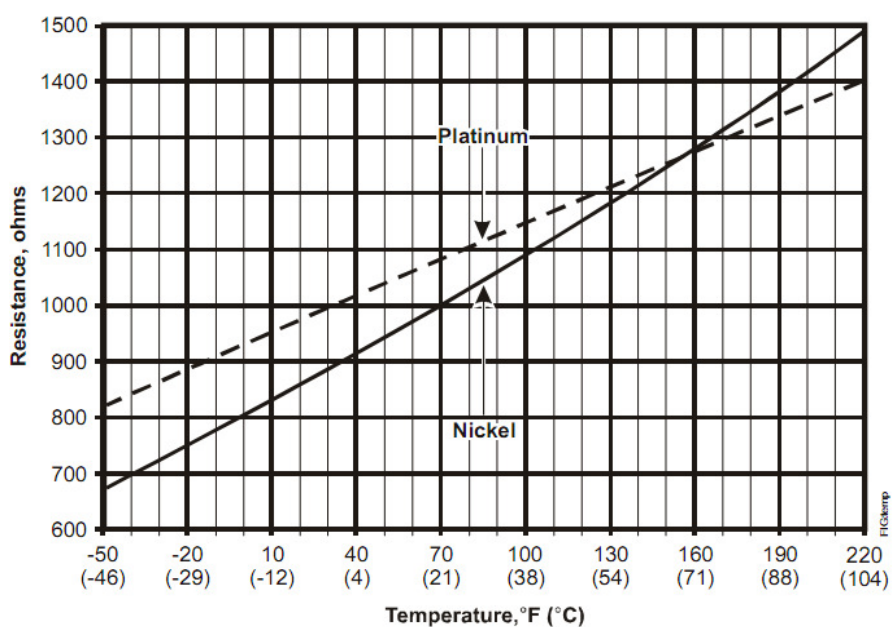


**Figura 4.9 – Controlador de campo FX06**

Fonte: Autor

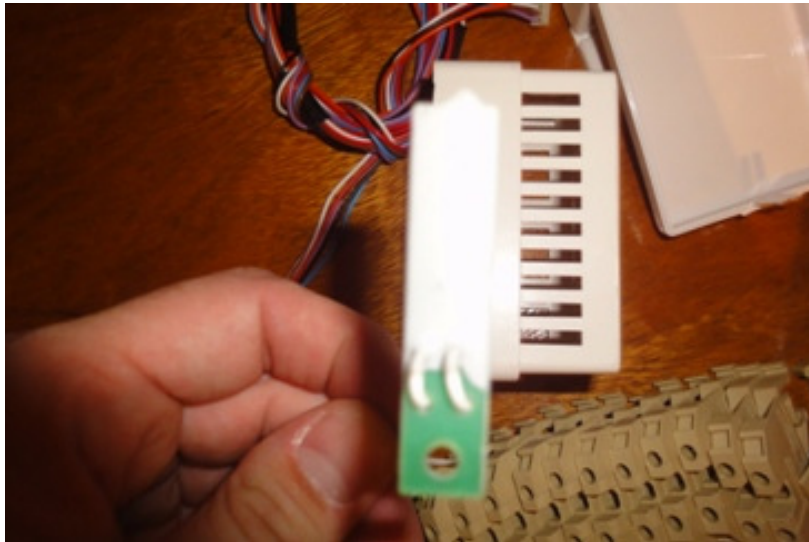
- ***Sensor de Temperatura***

O Sensor de Temperatura utilizado neste projeto fornece soluções para sistemas que enfrentam uma variação de temperatura com necessidades de monitoramento. O sensor utilizado é comumente instalado em parede e possui um resistência em níquel que atua de acordo com a figura 4.8:



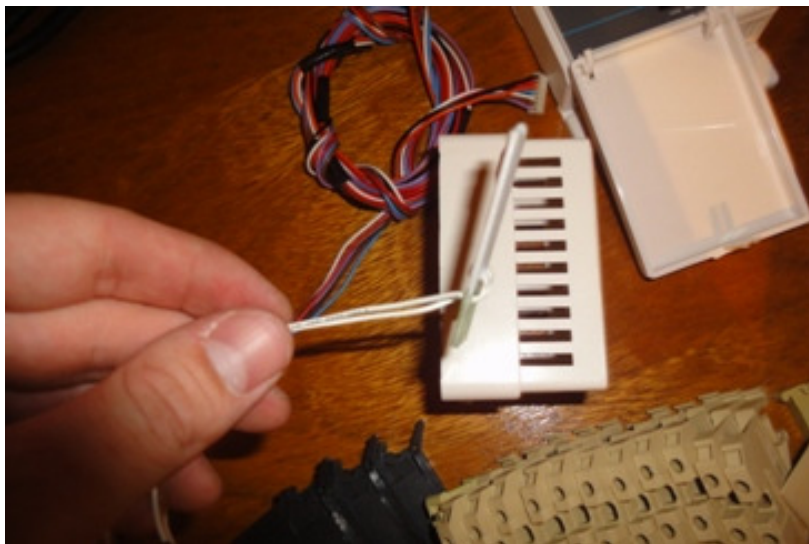
**Figura 4.10 – Resposta do níquel com a variação de temperatura**

Fonte: Manual Técnico TE6000



**Figura 4.11 – Sensor de temperatura**

Fonte: O Autor



**Figura 4.12 – Sensor de temperatura - 1**

Fonte: O Autor

- ***Sensor de Umidade***

O sensor de umidade utilizado faz transmissão dos sinais de umidade fornecendo variação de umidade de um determinado ambiente. O sensor de umidade fornece umidade relativa com de precisão de  $\pm 2\%$  ou  $\pm 3\%$  e são tomadas medidas de RH em todo o intervalo de 0 a 100%.





**Figura 4.13 – Sensor de Umidade**  
 Fonte: O Autor

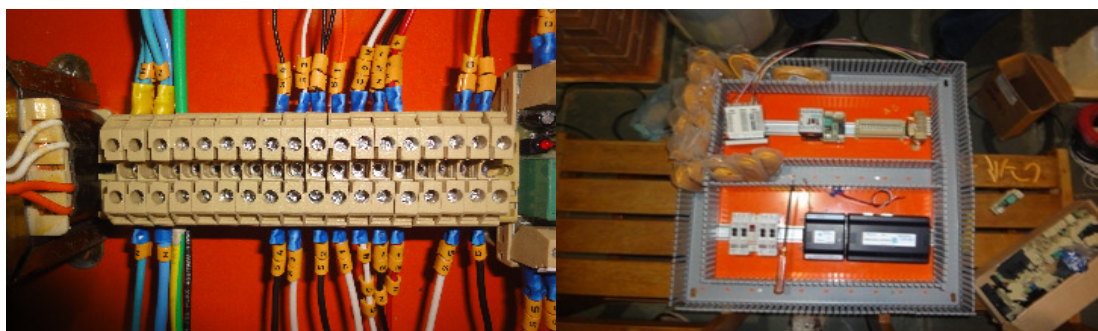
### ***Materiais Utilizados***

- Fundo Painel Quadro Elétrico



**Figura 4.14 – Fundo Painel Elétrico**  
 Fonte: O Autor

- Borne para conexões elétricas



**Figura 4.15 – Borne Elétrico**  
 Fonte: O Autor



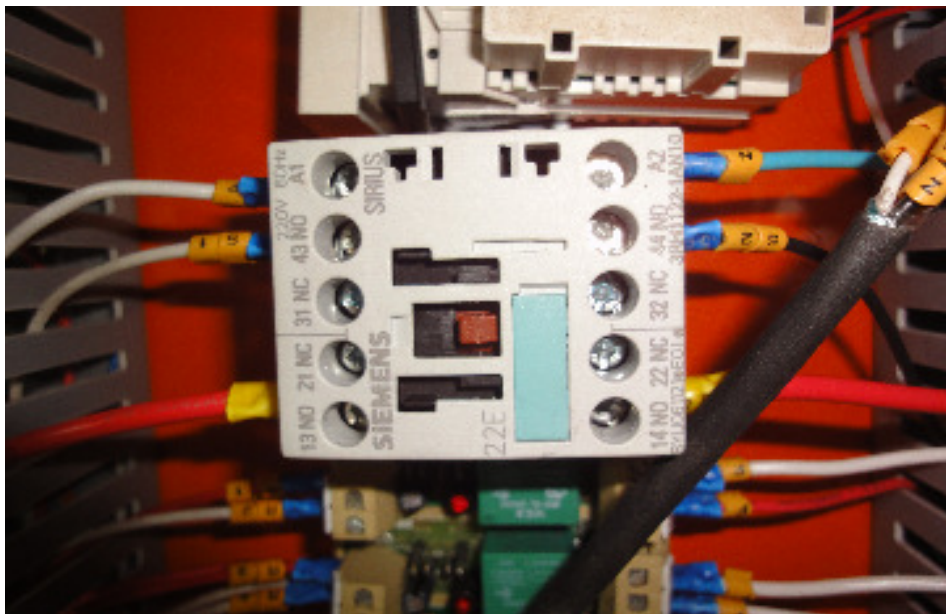
- Disjuntores de 10,6 e 2 Amperes



**Figura 4.16 – Disjuntores**

Fonte: O Autor

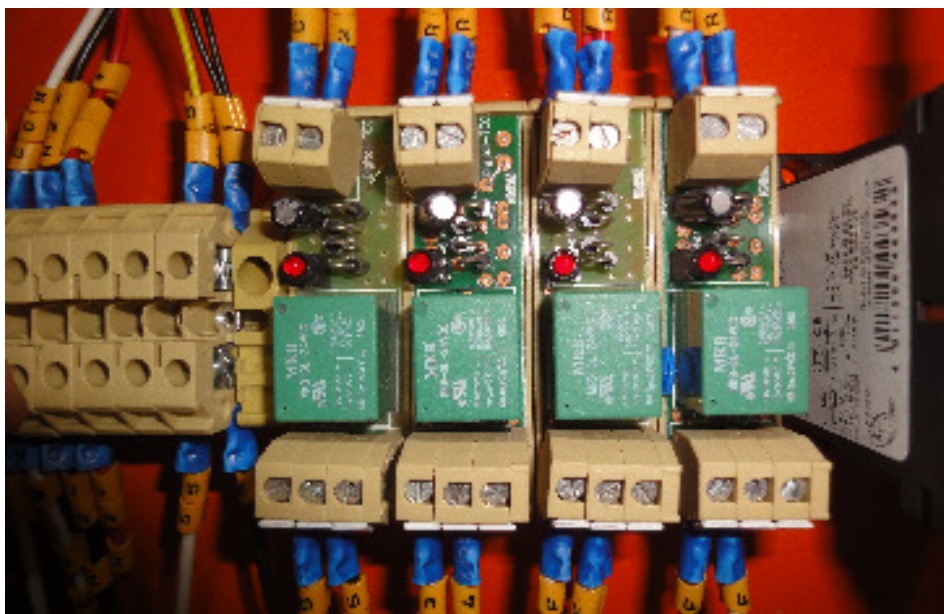
- Contator Auxiliar Siemens 22E



**Figura 4.17 – Contator Auxiliar**

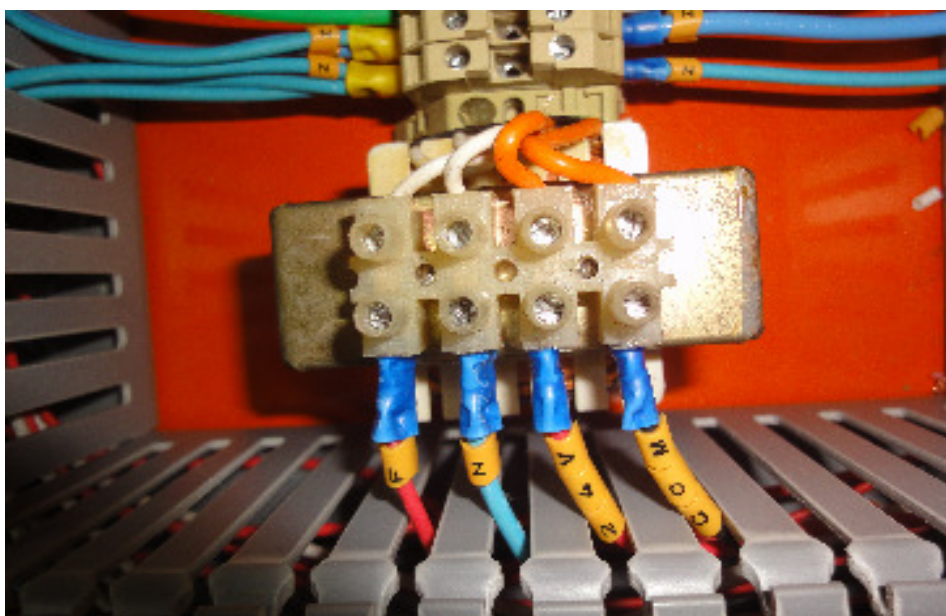
Fonte: O Autor

- Relé MKB-3L



**Figura 4.18 – Relé**  
Fonte: O Autor

- Trafo Entrada: 220V , Saída: 24V



**Figura 4.19 – Trafo**  
Fonte: O Autor

- Eletro calha para Quadro Elétrico



**Figura 4.20 – Eletro calha**  
Fonte: O Autor

- Etapas de construção do quadro elétrico



**Figura 4.21 – Montagem Quadro de Controle 1**  
Fonte: O Autor



**Figura 4.22 – Montagem Quadro de Controle 2**  
Fonte: O Autor



## **CAPÍTULO 5 – TESTE E ANÁLISES DOS RESULTADOS**

### **5.1 – Teste 1**



**Figura 5.1 – Imagem Teste 1**  
Fonte: O Autor



**Figura 5.2 – Imagem Teste 2**  
Fonte: O Autor



**Figura 5.3 – Imagem Teste 3**  
Fonte: O Autor



**Figura 5.4 – Imagem Teste 4**  
Fonte: O Autor



**Figura 5.5 – Imagem Teste 5**  
Fonte: O Autor



**Figura 5.6 – Imagem Teste 6**  
Fonte: O Autor

Protótipo	
Ambiente	Ambiente banheiro durante banho quente.
Horário	10:00 h
Temperatura	19.7°C
Umidade	64.6%

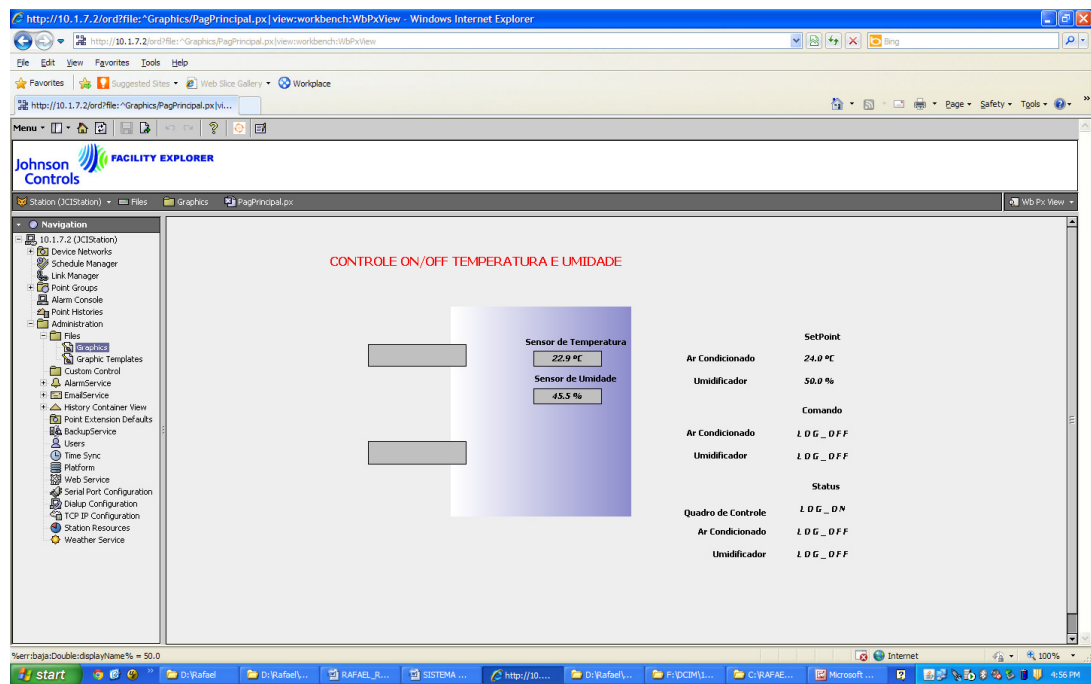
Nesta situação, tanto a temperatura quanto a umidade do ar estão fora da faixa estipulada, ou seja, a temperatura está a 20.3°C (superior a 19°C, valor ajustado como setpoint) e a umidade do ar que se encontra em 92% (acima de 55% valor também ajustado como setpoint), podendo-se constatar que em tela os valores sugeridos para os estados de umidificador e ar condicionado foram indicados corretamente indicados o acionamento dos dispositivos externos.

## 5.2 – Teste 2

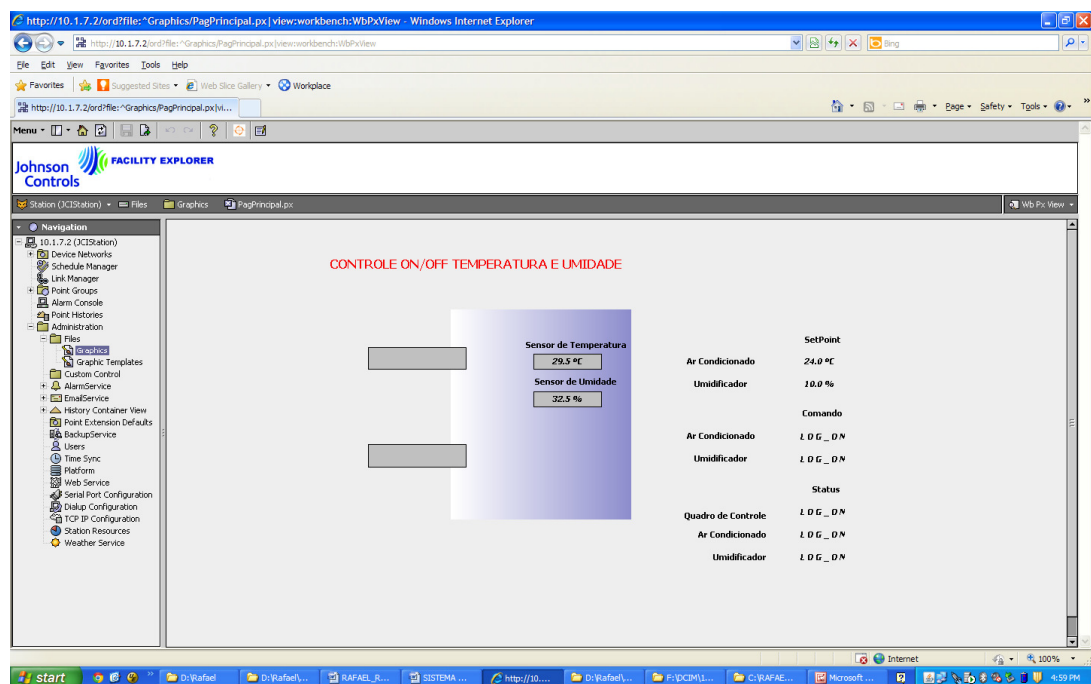


**Figura 5.7 – Imagem Teste 7**

Fonte: O Autor



**Figura 5.8 – Imagem Teste 8**  
Fonte: O Autor



**Figura 5.9 – Imagem Teste 9**  
Fonte: O Autor

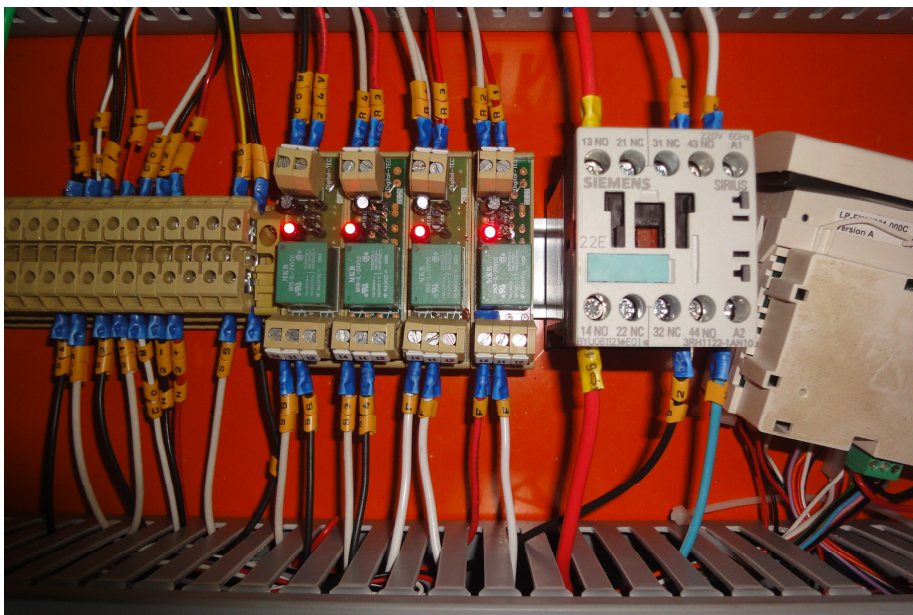




**Figura 5.10 – Imagem Teste 10**  
Fonte: O Autor



**Figura 5.11 – Imagem Teste 11**  
Fonte: O Autor



**Figura 5.12 – Imagem Teste 12**

Fonte: O Autor

Protótipo	
<b>Ambiente</b>	Ambiente desumidificado e elevada temperatura com a utilização de um secador de cabelo
<b>Horário</b>	17:00 h
<b>Temperatura</b>	23.5°C
<b>Umidade</b>	41.6%

Nesta situação, tanto a temperatura quanto a umidade do ar estão fora da faixa estipulada, ou seja, a temperatura está a 27°C (superior a 23°C) e a umidade do ar encontra-se em 31% (abaixo de 55%), podendo-se constatar que os indicadores que representam tanto o aparelho de ar condicionado quanto o aparelho umidificador de ar foram acionados automaticamente.

## CAPÍTULO 6 – CONCLUSÃO

O sistema de monitoramento e controle de temperatura e umidade de ambientes desenvolvido neste trabalho mostrou-se eficaz devido aos resultados obtidos na realização dos testes de seu funcionamento, apresentando um comportamento de acordo com o proposto, ratificando a confiabilidade e integridade do sistema.

Os produtos utilizados na construção do protótipo atenderam as exigências de controle, monitoramento das informações e de melhor interoperabilidade entre os equipamentos FX e sensores de campo. Além disso, ainda há o fator acadêmico, profissional, pois os componentes utilizados neste protótipo não ajudariam muito sem a aplicação de algumas disciplinas do curso, e os produtos possuem fácil disponibilidade no mercado brasileiro.

Os dispositivos comunicaram-se, por meio do padrão RS-485, de forma integrada e realizaram as tarefas obedecendo ao atendimento dos comandos impostos através do protocolo *N2 Bus Communications* do tipo mestre/escravo. As medições das informações de temperatura e umidade, realizadas pelos sensores comerciais da Johnson Controls foram efetuadas com eficácia e possibilitaram uma fácil leitura e interpretação dos dados no controlador de campo FX06.

Os testes foram realizados em ambiente submetido a variações de temperaturas e umidades que permitiram melhor visualização do sistema. Quando os valores estipulados foram alcançados, os relés ligaram ou desligaram (ON/OFF) os aparelhos de ar-condicionado e umidificador de ar, possibilitando manter a temperatura e a umidade relativa do ar em ambientes internos dentro dos níveis recomendados para saúde e bem estar do homem.

A conclusão deste projeto é realizada de forma provisória, uma vez que, embora eficaz em seu propósito inicial, ainda há outras possibilidades de testes, sugeridas para projetos futuros.

## **6.1 – Sugestões para Trabalhos Futuros**

Entre as sugestões para realização de trabalhos futuros destacam-se:

- Elaborar protótipo que além de umidificar e resfriar o ambiente seja capaz também de desumidificar e esquentar o ambiente para utilizações em centro cirúrgicos por exemplo;
- Propor uma solução que possua um maior número de medições de campos, e de diferentes extremidades do ambiente, para que a média das medições atuem no funcionamento dos aparelhos;
- Propor e apresentar estudos que utilizam outro padrão de protocolo e também outro meio físico como, por exemplo, sensores com transmissão wirelless e dispositivos de comunicação homem - máquina utilizando a mesma tecnologia;

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYOADE, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Tradução de Maria Juraci Zani dos Santos; revisão de Suely Bastos. 5ª Ed – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

COSTA, Ennio C. da, **Física Aplicada à Construção: Volume 4**. São Paulo: Edgard Blücher, 1991.

FÍSICA AGRÍCOLA, **Artigo Científico. Cap. 6 - Umidade do Ar**. Disponível em <http://www.ufpel.edu.br/faem/agrometeorologia/CapUR.pdf> Acesso em: 25 de maio de 2011.

FX-06, **Micro-controlador Facility Explorer 06**, Johnson Controls, 2009. Disponível em: [http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/24868.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/24868.pdf) Acesso em 26 de maio de 2011.

FX-20, **Micro-controlador Facility Explorer 20**, Johnson Controls, 2009. Disponível em: [http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/24866.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/24866.pdf) Acesso em 26 de maio de 2011.

GENERAL CHEMISTRY ONLINE, Site. **O que são as propriedades extensivas e intensivas**. Disponível em <http://antoine.frostburg.edu/chem/senese/101/matter/faq/extensive-intensive.shtml> Acesso em: 04 de abril de 2011.

Inmetro, Site. **Coleção: Educação para o consumo responsável**. Disponível em <http://www.inmetro.gov.br/infotec/publicacoes/cartilhas/ColEducativa/meioambiente.pdf> Acesso em: 26 de abril de 2011.

IUPAC Compendium of Chemical Terminology, Site. **Kelvin**. Disponível em <http://goldbook.iupac.org/K03374.html> Acesso em: 19 de Abril de 2011.

LOURENÇO, O.B., **Física - Iniciação ao Estudo da Física Experimental**, Cia Editora Nacional, São Paulo, 1936.

Manual FX Workbench, **Software FX Workbench**, Johnson Controls, 2009. Disponível em: [http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/22365.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/22365.pdf) Acesso em 26 de maio de 2011.

MARQUES, V.S , **Artigo Científico. O efeito estufa e o Aquecimento Global**. Disponível em [http://www.anuario.igeo.ufrj.br/anuario\\_1992/vol\\_15\\_93\\_106.pdf](http://www.anuario.igeo.ufrj.br/anuario_1992/vol_15_93_106.pdf) Acesso em: 26 de abril de 2011.

MCGEE, T.D., **Principles and Methods of Temperature Measurement (Princípios e Métodos para medição de temperatura)**, John Wiley & Sons, Nova Iorque, 1988.

MIRANDA, Francisco Alberto Alencar Miranda. **Calor e Temperatura**. Artigo Científico: Universidade Estadual do Maranhão, julho de 2010. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/calor-e-temperatura-doc-a61553.html>

N2 Communication Bus, **Technical Bulletin**, Johnson Controls, 1999. Disponível em: [http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/22265.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/22265.pdf) Acesso em 26 de maio de 2011.

RUAS, A. C. **Conforto Térmico nos Ambientes de Trabalho**, FUNDACENTRO, São Paulo, 1999.

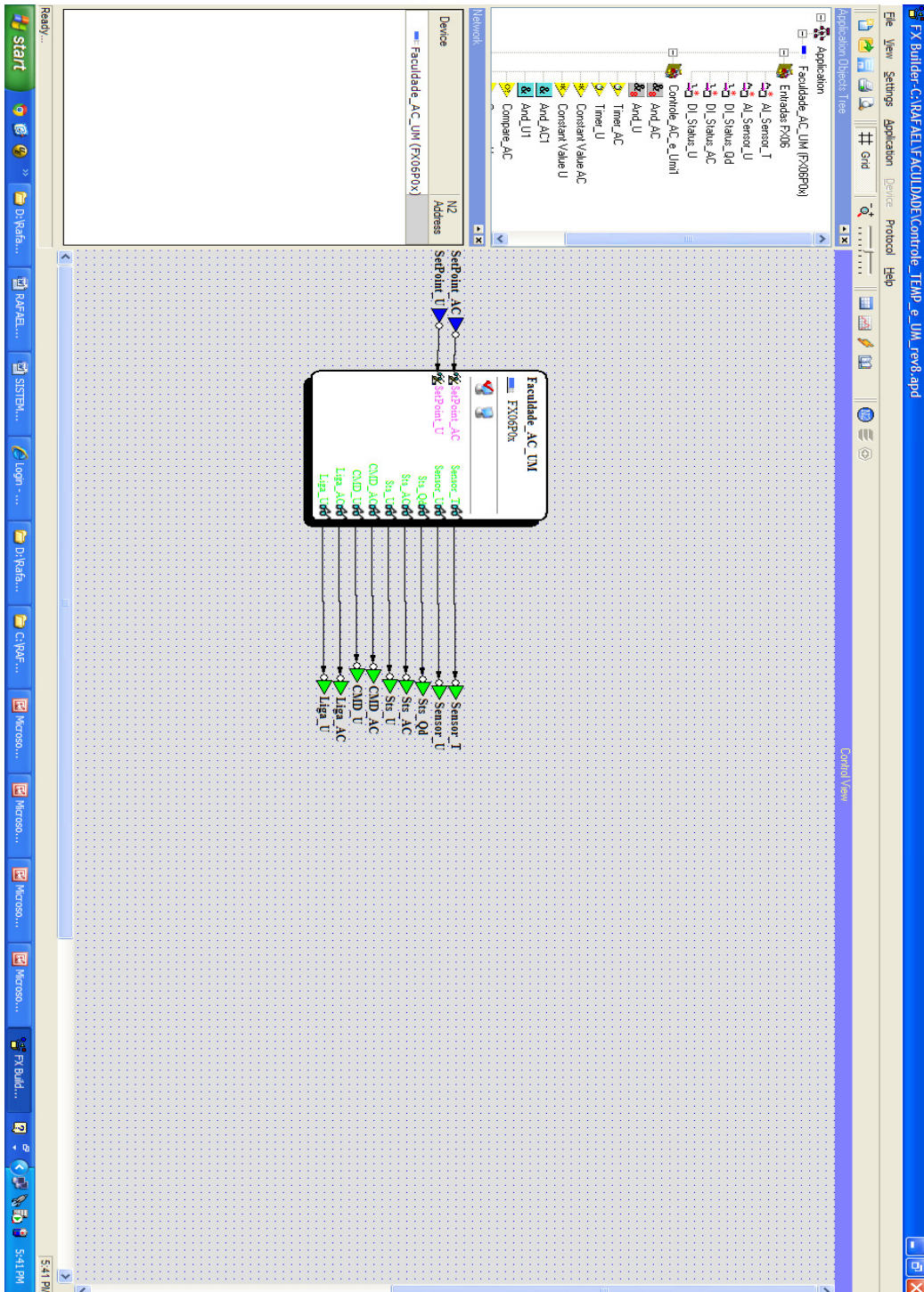
SENAC - MINAS GERAIS, Apostila. **Medição de Temperatura**. Belo Horizonte: Centro Tecnológico de Eletroeletrônica “Cesar Rodrigues”, 2009.

TEIXEIRA, Dimas Barbosa, BRIONIZIO, Julio Dutra, PEREIRA, Leandro Joaquim Rodrigues, MAINIER, Fernando B.. **Síndrome dos Edifícios Doentes em Recintos com Ventilação e Climatização Artificiais: Revisão de Literatura**. Artigo Científico: Inmetro, 1º Semestre de 2009.

TONELLI, João Marcelo de Moraes. **Monitoramento e Controle de Temperatura e Umidade de Ambientes**. Monografia de Graduação do Curso de Engenharia de Computação. Brasília: UniCEUB, 1º Semestre de 2009.

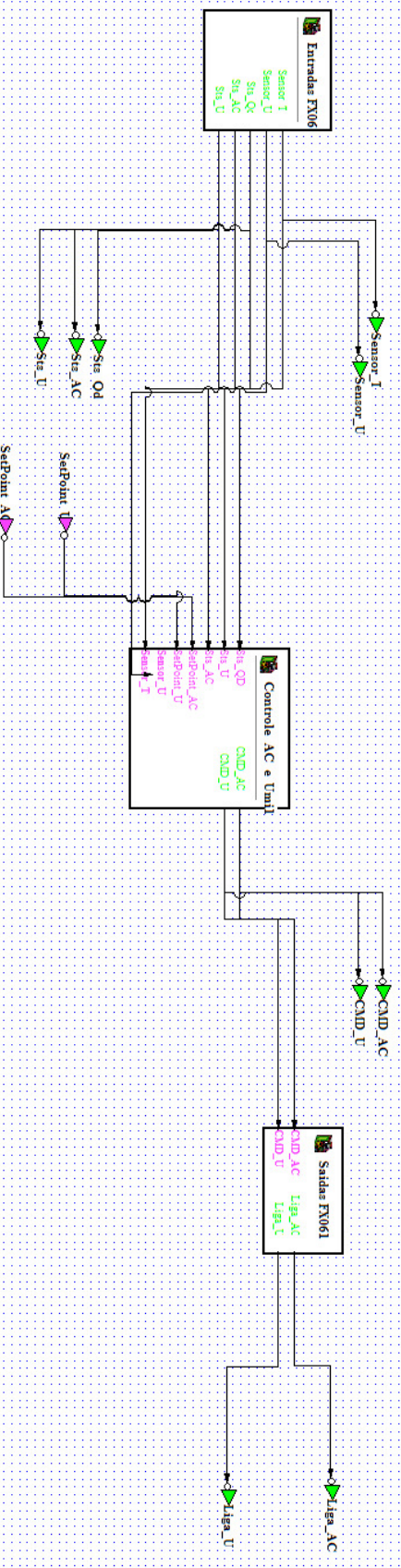
## APÊNDICES

Transcreve-se abaixo os blocos lógicos de controle de apoio para geração do arquivo .APD:

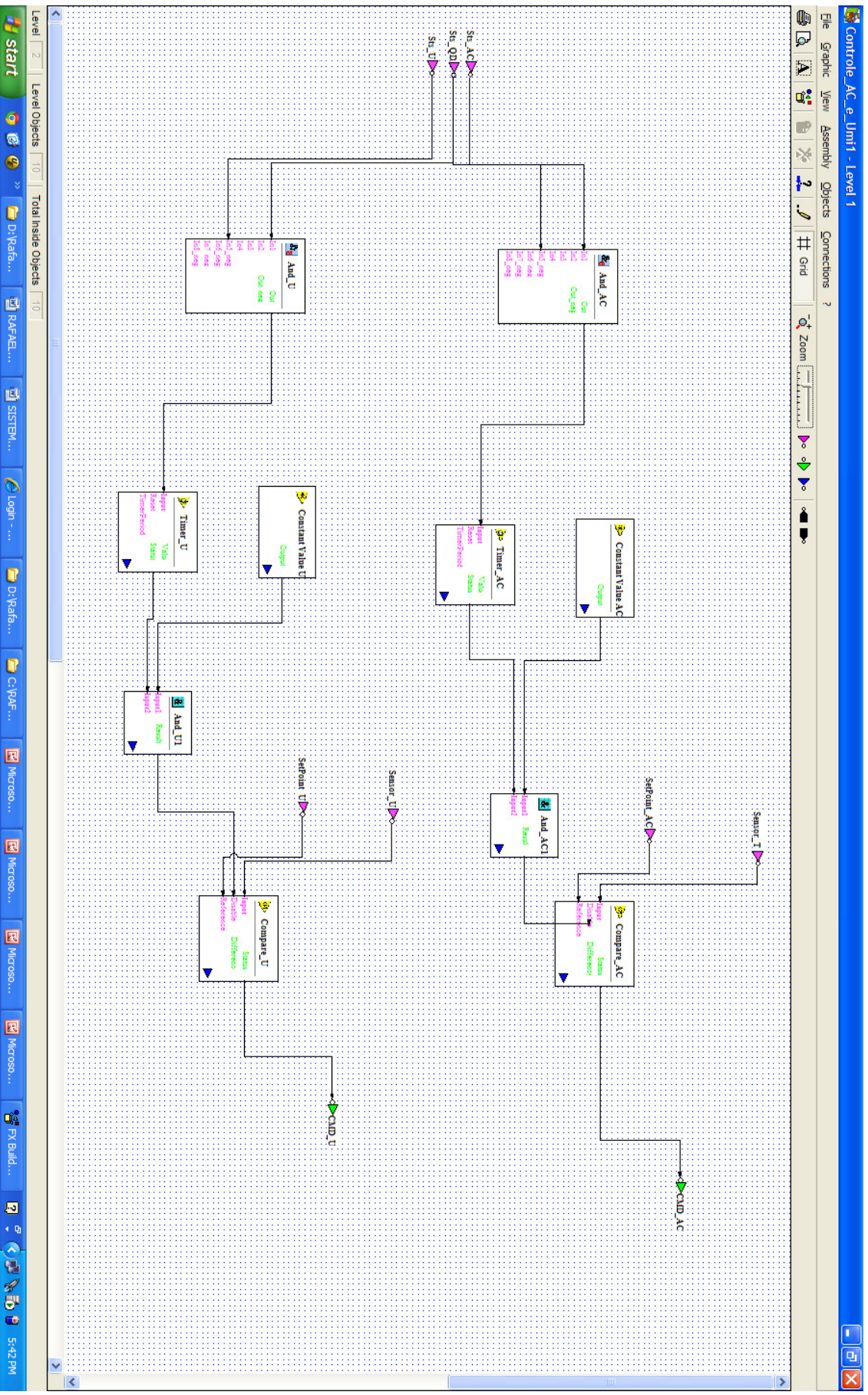




# Controle ON/OFF Ar Condicionado e Umidificador









Entradas FX06 - Level 1

Entradas Analógicas

Entradas Digitais

